Thesis Dorpat 1881

EXPERIMENTELLE STUDIEN

ÜBER

DEGENERATION UND REGENERATION

DER

CORNEALNERVEN.

INAUGURAL - DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DES GRADES

EINES

DOCTORS DER MEDICIN

VERFASST

UND MIT BEWILLIGUNG EINER HOCHVERORDNETEN MEDICINISCHEN FACULTÄT DER KAISERLICHEN UNIVERSITÄT ZU DORPAT ZUR ÖFFENTLICHEN VERTHEIDIGUNG BESTIMMT

VON

FRIEDRICH SCHULTZ.

ORDENTLICHE OPPONENTEN:

Doc. Dr. W. Koch. — Prof. Dr. Ed. Raehlmann. — Prof. Dr. F. A. Hoffmann.

DORPAT.

DRUCK VON H. LAAKMANN'S BUCH- UND STEINDRUCKEREI.

1881.

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät.
Dorpat, den 5. September 1881.
Nr. 319. Decan: F. Hoffmann.

1887

PIIS MANIBUS

ANNAE.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Arthur Boettcher, ſage ich für die mannigfache Anregung, die er mir während meiner Unterſuchungen zu Teil werden liefs, meinen aufrichtigen, innig gefühlten Dank.

Dem Herrn L. Hirſchhauſen, stud. med., fühle ich mich für die ſorgfältige Ausführung der dieſer Arbeit beigefügten Zeichnungen zu Danke verpflichtet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154018_0118

Die Literatur über die Degeneration und Regeneration der Nervenfaſern iſt, wenn auch ſchon eine recht umfangreiche, ſo doch eine verhältniſsmäſsig noch junge; wenn wir von älteren Autoren abſehen, die einfach die Tatſache einer reſtitutio ad integrum zu conſtatiren bezweckten, ſo iſt Waller [1] der erſte, der die hiſtiologiſchen Vorgänge bei der Degeneration und Regeneration markhaltiger Nervenfaſer unter dem Mikroſkop direct beobachtete. Um eine Degeneration hervorzurufen, trennte er durch Schnitt einen peripheriſchen markhaltigen Nerven in ſeinem Verlaufe zwiſchen Centralorgan und Endausbreitung. Dieſe nach ihm benannte Methode wurde an demſelben Verſuchsobjecte auch von der Mehrzahl ſeiner Nachfolger geübt. In der Folgezeit wurde ſowol die Wallerſche Methode modificirt, als auch andere Methoden, wie Aetzen, Unterbinden, Quetſchen, Eintauchen in verſchiedene Flüſſigkeiten eingeführt; das Verſuchsobject blieb daſſelbe. Es iſt ſelbſtverſtändlich, daſs die ſo ſehr in die Augen ſpringenden Veränderungen des degenerirenden Markes die Aufmerkſamkeit der Autoren anfangs beſonders auf ſich ziehen muſsten, zumal da zu der Zeit es noch lange nicht feſt ſtand, daſs der Axencylinder der weſentlichſte und Hauptbeſtandteil der Nervenfaſer iſt. Die Unzulänglichkeit der Unterſuchungs- ſpeciell der Färbemittel trugen das ihrige dazu bei, die Reſultate unvollkommen erſcheinen zu laſſen. Durch Max Schultze [2], Waldeyer [3], beſonders aber durch Ranvier [4]

wurde die Technik bedeutend vervollkommnet, und wenn trotzdem die Resultate noch nicht die gewünschte Einigkeit darbieten, so trägt die Schuld daran gewiss zum grossen Teil das complicirte Versuchsobject, die markhaltige Nervenfaser, die ihren Axencylinder, auf dessen Verhalten es doch hauptsächlich ankommt, erst nach mehr weniger eingreifenden Präparationsmethoden sehen lässt, wodurch natürlich die Reinheit der Beobachtung getrübt werden musste. Es lag daher nahe, an marklosen Nervenfasern zu experimentiren und zwar dort, wo solche sich als Fortsetzungen markhaltiger d. h. als dieselben, nicht mehr mit Mark bekleideten Axencylinder präsentiren. Solche finden sich in grösserer Menge in der Nasenschleimhaut als Endausbreitung des Olfactorius, und in der Cornea als Endausbreitung des nn. ciliares aus dem Trigeminus. An den ersteren haben Schiff und Colasanti nach Tizzoni[5] mit negativem Resultate experimentirt, was Tizzoni der Specificität der betreffenden Fasern zuschreibt, wobei jedoch auch die Unzugänglichkeit des zu untersuchenden Terrains mitgespielt haben mag. Positive Resultate erzielte Tizzoni, der im Laboratorium Bizzozzero's arbeitete, bei seinen Experimenten an den Nerven der Cornea, die auch für diese Frage ihren Ruf als »klassisches Untersuchungsobject« bewahrheitete. Nachdem ich die Originalarbeit Tizzoni's erhalten hatte, ersah ich aus ihr mit lebhafter Genugtuung, dass unsere Resultate in den wesentlichsten Puncten übereinstimmten. Auf Abweichungen in der Deutung der erhaltenen Bilder werde ich im Verlaufe der Arbeit zu sprechen kommen *).

*) Das Referat Bizzozzero's über die Arbeit Tizzoni's in den Jahresberichten von Hoffmann und Schwalbe für 1878 gelangte in meine Hände, da meine Untersuchungen ihrem Abschluss nahe waren, die Originalarbeit erst einige Wochen später. Die sonstigen Arbeiten über Nervenregeneration citiren zum grossen Teil die vorläufige Mitteilung Tizzoni's im Centralblatt f. d. med. Wiss. für 1878, in welchen der Cornealnerven mit keinem Worte Erwähnung geschieht. Der Plan zur Arbeit ist also selbständig entworfen, die Untersuchungsmethode und das Untersuchungsthier selbständig gewählt worden. Warum ich, falls überhaupt ich an Cornealnerven experimentiren wollte, genau denselben Weg einschlagen musste, den Tizzoni gegangen war, wird im weiteren Verlaufe der Darstellung klar werden.

Nachdem im October 1880 Herr Profeſſor Arthur Boettcher mir den Vorſchlag gemacht hatte, Unterſuchungen über Degeneration und Regeneration der Nerven an der Froſchcornea anzuſtellen, und zu dem Zwecke die, auf dem in Folge der Aetzung an der Aetzſtelle ſich bildenden, vollkommen hellen, durchſichtigen, ſowohl der Zellen, als auch der Nerven baren Terrain, an den Nervenſtümpfen ſich abſpielenden Vorgänge zu beobachten, beſchloſs ich, eine beliebige Anzahl von Froſchhornhäuten in einer Sitzung zu ätzen, ſie in beſtimmten Zwiſchenräumen einer Unterſuchung zu unterwerfen, um ſo, die auf dieſe Weiſe ſich ergebenden, aufeinander folgenden Bilder einer Serie combinirend, eine Vorſtellung über den fraglichen Proceſs mir zu bilden.

Bevor ich nun zur Darlegung der durch die Aetzung erzeugten Bilder ſchreite, will ich eine Beſprechung des Unterſuchungsobjectes, ſo weit es für die vorliegende Arbeit in Frage kommt, ſo wie der bei der Unterſuchung angewandten Hülfsmittel vorausſchicken.

Auf eine Zuſammenſtellung eines Literaturverzeichniſſes glaube ich verzichten zu dürfen: ſolche ſind bereits geliefert worden 1) für den Bau der Cornea von Waldeyer, Handbuch der geſammten Augenheilkunde von Graefe und Saemiſch Bd. I. 2) für die Vorgänge in ihr nach centraler Aetzung von Fuchs. Ueber traumatiſche Keratitis. Virchow's Archiv Bd. 66. 3) für die Nerven in der Cornea von Izquierdo, Beiträge zur Kenntniſs der Endigung der ſenſiblen Nerven. Inaug. Diſſ. Strafsburg 1879. 4) für den Bau der peripheriſchen Nerven von Kuhnt, die peripheriſche markhaltige Nervenfaſer. M. Schultzes Archiv Bd. XIII., endlich 5) für Degeneration und Regeneration der Nerven von Korybutt-Daszkiewicz. Ueber die Degeneration und Regeneration der markhaltigen Nerven nach traumatiſchen Laeſionen. Inaug. Diss. Straſsburg 1878.

I. Capitel.

Die Cornea des Frosches und ihre Nerven.

Fig. I.

Die flach ausgebreitete Hornhaut eines ausgewachsenen Frosches *) misst im Längedurchmesser, von rechts nach links, ungefähr 6—7 mm., im Höhendurchmesser, von oben nach unten etwas weniger. Die Dicke, von vorn nach hinten beträgt 0,1 mm.**) bei kleinen Fröschen noch weniger. Der Aufbau der Cornea geschieht durch dieselben Schichten, die wir auch bei den übrigen Wirbelthieren kennen, vorderes mehrschichtiges Epithel, bei dem Frosche fast so stark als das übrige Hornhautgewebe, eigentliches Hornhautgewebe mit vorderer Basalmembran, Descemetische Haut, hinteres einschichtiges Plattenepithel. Von diesen Schichten interessirt uns zumeist das eigentliche Hornhautgewebe, da in ihm die gröberen Nervenstämme, auf deren Beobachtung es bei vorliegender Untersuchung vorherrschend ankommt, verlaufen. Waldeyer[6], dessen Darstellung ich hauptsächlich folge, unterscheidet in der Substantia propria corneae eine fibrilläre und interfibrilläre Grundsubstanz, (Kittsubstanz). Die einzelnen parallel zu einanderliegenden Fibrillen werden durch die interfibrilläre Kittsubstanz zu Fascikeln,

*) Ich experimentirte ausschliesslich an Exemplaren der Rana temporaria, wie sie in hiesiger Gegend vorkommen.

**) Die im Verlaufe der Arbeit angeführten mikroskopischen Maasse habe ich bestimmt, indem ich das durch ein möglichst starkes System vergrösserte Bild durch die camera lucida auf einen für das betreffende System durch Objectivmikrometer hergestellten Maassstab pojicirte.

letztere ebenfalls parallel nebeneinander gelagert, durch dieſelbe, hier interfascikuläre, Kittſubſtanz zu Lamellen verbunden, welche hinter einander geſchichtet wiederum, gleichſam als Abſchnitte concentriſcher Kugeloberflächen die, hier interlamelläre, Kittſubſtanz mit einander vereinigt. In dieſe Kittſubſtanz nun iſt das Saftcanalſyſtem der Cornea eingegraben, die Saftlücken mit ihren Ausläufern, den Saftcanälen, letztere nicht nur in der interlamellären, ſondern auch in der interfascikulären und — wie Waldeyer nicht bezweifelt — auch in der interfibrillären Kittſubſtanz. Alle Saftcanäle ſtehen mit einander in Verbindung, indem nicht nur Interlamellarlücken von vorn nach hinten, ſondern auch die Interfascikularlücken nach allen Richtungen hin mit einander anaſtomoſiren; dadurch, daſs die Fascikel einer jeden Lamelle ſo angeordnet ſind, daſs ſie mit denen der benachbarten Lamelle einen beinahe rechten Winkel bilden, entſtehen ſowol gitterartige Bilder, als auch bayonettförmige Zeichnungen, letztere, wenn die Anaſtomoſe eines Saftcanälchens mit einem ihm parallel verlaufenden durch einen in einer darüber oder darunter liegenden Interfascikularlücke verlaufenden Verbindungscanal ſichtbar wird, was natürlich am häufigſten in einer Interlamellarlücke, wo dieſe Canäle an einander ſtoſsen, zu Stande kommt, und dann bei derſelben Einſtellung des Mikroſkops überſehen wird. Die von His[7] und Leber[8] den Saftcanälen zugeſchriebene eigne Wandung wird von Waldeyer geleugnet; ſie ſind von einem durch Silberbehandlung zur Erſcheinung kommenden Endothel ausgekleidet.

Die ſo eben gelieferte Beſchreibung der Saftcanäle paſst genau auch für die Nervencanäle, die durch zahlreiche Anaſtomoſen mit erſteren zuſammenhängen, und ſo ein einheitliches Canalſyſtem für den die Hornhaut ernährenden Saft, die Lymphe, bilden. Selbſtverſtändlich haben die Nervencanäle je nach der Breite der in ihnen verlaufenden Nervenſtämme ein verſchiedenes Lumen, welches von ihnen jedoch nicht immer vollſtändig ausgefüllt wird, denn oft ſieht man parallel den Nerven einen Contour, der einen Raum

begrenzt, in welchem bei derſelben Einſtellung des Mikroſkops weder Hornhautzellen, noch deren Ausläufer vorkommen, oft jedoch von den Nervenſtämmen ſich abtrennende und nach kurzem Verlauf ſich wieder anlegende, feine, lineäre Faſern.

Die Nervenſtämme verlaufen in den hinterſten Schichten der Hornhaut, ſo daſs, bei einem Verſuch, die Membrana Descémeti abzulöſen, die Nervenſtämmchen gewöhnlich mit ihr zuſammen vom übrigen Cornealgewebe abgetrennt werden. Gleich nach ihrem Eintritt in die Cornealſubſtanz haben die mehr weniger ſtarken Nervenſtämmchen einen radiären Verlauf, teilen ſich ſehr bald dichotomiſch, auch trichotomiſch, erſteres, indem die beiden aus der Teilung hervorgegangenen Aeſte unter leichtem, zum Cornealrande offenen Bogen auseinander gehen, um dann bald mit ebenſolchen Aeſten aus den benachbarten Stämmchen zu anaſtomoſiren; auf der Höhe des alſo gebildeten Bogens werden wiederum centralwärts gehende Zweige abgegeben, die entweder nochmals die eben beſchriebene Bogenbildung eingehen, um dann zum Centrum abgehende, mit den, dem gegenüberliegenden Cornealrande entſtammenden, Zweigchen zu verſchmelzen, oder, was das häufigere iſt, direct die eben beſprochene Anaſtomoſe zu bilden. Dieſe kommt zu Stande, indem gewöhnlich vier Zweigchen in einem Knotenpunct unter faſt genau rechten Winkeln aneinander ſtoſsen und ihre Faſern unter einander austauſchen, indem aus jedem der vier Nerven Faſern zu einem jedem der drei übrigen Nerven ſich begeben. Wenn fünf oder mehr Faſern ſich an der centralen Anaſtomoſe beteiligen, ſo ſieht man oft ein mehr weniger weites Vieleck, deſſen Seiten von anaſtomoſirenden, ſeitwärts abgebogenen Zweigchen der centralwärts ziehenden Nervenzweige gebildet ſind. Dieſe centrale Anaſtomoſe liegt durchaus nicht immer genau im mathematiſchen Centrum der Cornea, ſondern gewöhnlich näher demjenigen Rande der Hornhaut, an welchem die ſchwächeren Nervenſtämme eintreten. Häufig ſieht man ähnliche, Xförmige Anaſtomoſen, oder klei-

nere, von ſtärkeren Nervenzweigen umſchloſſene Felder der Cornea, an deren Bildung Verzweigungen nur eines Nervenſtämmchens concurriren, ohne Beteiligung von Zweigen benachbarter oder gar gegenüberliegender Nervenſtämmchen. Von den Xförmigen Anaſtomoſen unterſcheiden ſich leicht die trichotomiſchen Teilungen, bei welchen der eine Aſt in der Richtung des Nervenſtämmchens weiter verläuft, die beiden anderen aber, wie bei der dichotomiſchen Teilung, unter einem zum Cornealrande offenen Bogen abgehen, ſo daſs zwiſchen den Aeſten ſpitze Winkel liegen; bei der Xförmigen Anaſtomoſe waren die Winkel nahezu rechte. — Durch ein Auseinanderweichen des Mittelſtückes nehmen die Xförmigen Anaſtomoſen ein Hförmiges Ausſehen an. Nicht alle ſich abteilenden Nervenzweige gehen jedoch — auf die eine oder die andere Weiſe — Anaſtomoſen ein, ſondern es giebt auch ſolche, die nach kurzem Verlauf plötzlich aus dem Geſichtsfelde verſchwinden, indem ſie, ſteil umbiegend, der vorderen Fläche der Cornea zuziehen.

Dieſes iſt das Schema, nach welchem die Verteilung der breiteren, nicht unter 3 μ Breite haltenden, Cornealnerven vor ſich geht. Es giebt natürlich zahlreiche Ausnahmen; von der Verſchiebung der centralen Anaſtomoſenbildungen nach irgend einer Seite habe ich ſchon geſprochen; es kommt vor, daſs ſich ein Nervenſtamm erſt in gröſserer Entfernung vom Hornhautrande teilt, oder er verläuft ungeteilt, vielleicht nur einzelne Zweigchen abgebend, direct bis zur centralen Anaſtomoſe — feſtſtehend jedoch für eine jede Cornea iſt die endliche Anaſtomoſenbildung der gröberen Verzweigung verſchiedener Nervenſtämmchen unter einander, und ein mehr weniger geſchwungener, bogenförmiger Verlauf. Durch dieſe, bei einer Vergröſserung von Hrt. Oc. 3. Syſt. 4. ſehr deutlich ſichtbaren Nerven wird die Cornea in Felder geteilt von ſehr verſchiedener Gröſse und Geſtalt; zum Centrum hin werden dieſe Felder kleiner. Es dürfte ſich wol keines finden, in welches man einen Kreis von 1 mm. hineinbeſchreiben könnte, ohne durch

die Kreislinie mindeſtens einen der beſagten Nerven zu ſchneiden. Die gewöhnlichen Breitendurchmeſſer dieſer Felder betragen 0,5—0,8 mm.

Innerhalb dieſer Felder ſieht man den Verlauf und die Verteilung der feineren Nervenfaſern, und zwar ſowol in derſelben Geſichtsebene, in der die gröberen Netze verlaufen, als auch in einer der der M. Descémeti noch näher liegenden Interamellarlücken. Es wiederholt ſich da im Ganzen dasſelbe Bild: Abgang feinerer Zweigchen von den gröberen, Teilung derſelben, Anaſtomoſen, abermalige Teilung, bis endlich die feinen, nicht mehr meſsbaren lineär erſcheinenden Faſern in feinſte, variköſe Primitivfibrillen ausſtrahlen; auch die letzteren anaſtomoſiren häufig miteinander — ſie kreuzen ſich, legen ſich aneinander, um dann ſich wieder zu teilen. Ob ſie mit einander verſchmelzen, laſſe ich dahingeſtellt ſein. Jedenfalls beobachtet man einen ähnlichen Vorgang auch an den urſprünglichen Nervenſtämmchen und deren Verzweigungen: die einzelnen breiteren Nervenfaſern, aus denen dieſe zuſammengeſetzt erſcheinen, ſieht man häufig innerhalb der Contouren des Nervenſtämmchens ſich teilen, die Teile ſich an die benachbarten, oder auch, dieſe überſpringend, an eine weiter gelegene Faſer anlegen, ſo daſs auch mit Hrtn. Syſt. 9 kein Zwiſchenraum zwiſchen ihnen zu ſehen iſt; dann wiederholt ſich daſſelbe Spiel, wieder Teilung und Vereinigung, ſo daſs eine Maſchenbildung zu Stande kommt. Ferner ſieht man oft ſeitlich von den ſtärkeren, aus immerhin noch meſsbaren Faſern beſtehenden, Nerven ſich feine unmeſsbare Faſern ſeitlich abzweigen, die entweder ſofort ſich in die Cornea begeben, um dort ſich weiter zu verzweigen, zu anaſtomoſiren etc. oder nach kurzem Verlaufe wieder ſich an den Nerven anlegen, um mit dem Verlaufe irgend einer Faſer des ſtärkeren Nervenbündels zu verſchmelzen. Beſonders häufig iſt dieſe Art des Verlaufs an den Kreuzungsſtellen und Knotenpuncten, ſodaſs jene eigentlich ſcharfwinkligen Figuren dadurch zu äuſserſt zierlichen Vierecken reſp. Dreiecken mit bogenförmig ſanft eingedrückten Seiten werden.

Nach der allgemeinen Beſchreibung treten die Nervenfaſern als markhaltige, zu Stämmchen geordnet, aus der Sclera in die Cornea ein. Bald nach ihrem Eintritt verlieren ſie ihr Mark, jedenfalls vor der erſten Teilung. Das Mark iſt nur durch einen beſonderen Glanz der einzelnen Faſer kenntlich, ſowol an der friſchen Cornea, als auch an der mit Goldchlorid behandelten. Nicht alle Faſern ſind bei ihrem Eintritt markhaltig, ſowol geſondert, als auch unter markhaltige gemiſcht ſieht man auch markloſe Faſern am Scleralrande eintreten. Im Gegenſatz zu obiger Darſtellung des Verhaltens des Markes ſtehen nur Beale[9], Ciaccio[10] und Waldeyer[6]; dieſer ſagt: »Auch an den feinſten Fäſerchen findet ſich vielfach noch eine dünne Scheide einer zarten granulirten Subſtanz, — welche man als Fortſetzung der Markſcheide anſehen muſs, wenn ſie auch nicht mehr den Character des Markes einer gröberen, doppeltcontourirten Faſer an ſich trägt. An den aus mehreren Axenfibrillen, bez. Axencylindern gebildeten Stämmen iſt dieſe Subſtanz als feinkörnige interfibrilläre Maſſe zu erkennen.« Dieſe feinkörnige interfibrilläre Maſſe iſt zwiſchen den einzelnen Axencylindern recht häufig ſichtbar; warum ſie aber als Fortſetzung der Markſcheide angeſehen werden »muſs«, iſt mir nicht verſtändlich geworden; ſollte ſie nicht viel ungezwungener als eine die Axencylinder aneinander bindende Kittmaſſe gedeutet werden können? Auch an den feinſten Faſern ſtehe ich nicht an, dort wo ſie ſich zeigt, ſie als Kittmaſſe zu deuten, wie ja auch von Hoyer[11] (pag. 228) angenommen wird. Jedenfalls habe ich eine ſolche Scheide nie als eine continuirliche geſehen, nur hie und da fand ich zuweilen kleine Tüpfelchen dieſer feinkörnigen Maſſe den feinſten Nervenfaſern anhaftend. Andererſeits leugnen Beale[9] (p. 104) und Ciaccio[10*]) (p. 85) durchaus das Vorhandenſein irgend einer Spur von Markſcheide.

*) Henle, Systematische Anatomie Bd. II. lässt Ciaccio behaupten, die Cornealnerven seien in ihrem ganzen Verlaufe dunkelrandig.

Nach meinen Unterſuchungen ergiebt eine Behandlung der Cornea in toto mit Ueberosmiumſäure (Löſung von 1 %) keine Spur der characteriſtiſchen Myelinfärbung, ſelbſt nach einer Einwirkungsdauer von 3 Tagen. An friſchen Hornhäuten iſt mir ein gröſserer Glanz oder eine dunklere Randfärbung der eintretenden Nervenfaſern nicht erſichtlich geweſen. Zur Controle angeſtellte Goldfärbungen des Froſchmeſenteriums ergaben mir an markhaltigen Faſern ganz andere Bilder, als ich ſie je in der Cornea geſehen, während gutgefärbte markloſe Faſern des Meſenteriums durchaus den in den Nerven der Cornea verlaufenden Faſern glichen. Ich kann daher auch die Cornealnerven nur als vollſtändig markloſe auffaſſen.

Ich wende mich nun zur Beſprechung der in den normalen Cornealnerven zur Beobachtung kommenden Kerne. Dieſe treten in Begleitung der Nervenfaſern, dieſen ſcheinbar dicht anliegend, in ſehr wechſelnder Häufigkeit auf, ſo lange die Faſer noch eine meſsbare Breite hat. An den feinen und feinſten Nervenfaſern fehlen ſie regelmäſsig. Ihre Form iſt ein ſtark in die Länge gezogenes Oval, das Verhältniſs von Breitendurchmeſſer zu Längendurchmeſſer iſt 1 : 5—7, es finden ſich aber auch Kerne, in denen das Verhältniſs 1 : 10—16 iſt. Innerhalb dieſer Grenzen giebt es alle möglichen Schwankungen des Längendurchmeſſers, während der Breitendurchmeſſer ziemlich conſtant (= 2,5—3,1 μ) iſt. Ausser dieſen kommen noch Kerne von dreieckiger, oder unregelmässig polygonaler Geſtalt vor, und zwar gruppenweiſe in den Knoten- und Kreuzungspuncten der gröberen Nervenſtämmchen, einzeln in den Knotenpuncten der lineären Nervenfaſern. Ihre Durchmeſſer etwa 3,5 μ. Alle ſind ſehr ſcharf contourirt, fein granulirt und erſcheinen im goldgefärbten Präparat dunkelviolett, die dreieckigen etwas heller. Das länglich ausgezogene Oval der Kerne wird häufig dadurch modificirt, daſs die Längsſeiten einander parallel verlaufen, ſo daſs eine Stäbchenform entſteht, oder daſs ſie an den Enden der Längsaxen in Spitzen ausgezogen ſind, ſo

dafs ſie ſpindelförmig erſcheinen, oder ſie nehmen durch Einbuchtungen eine nierenförmige oder bisquitförmige Geſtalt an. Durchaus conſtant an ihnen iſt, dafs ihre Längsaxe parallel der Faſerung des betreffenden Nerven iſt. Auffallend iſt die wechſelnde Häufigkeit der Kerne: während an einem Nervenabſchnitt von beſtimmter Länge man beiſpielsweiſe 16—18 Kerne zählt, hat in einer anderen Cornea ein gleich breites und langes Stück eines Nerven deren etwa zwei. Einen Grund hierfür habe ich nicht finden können, da die Nerven in ihrem ſonſtigen Verhalten keine Unterſchiede zeigten. Solche Hornhäute, in denen die Kerne ſo ſpärlich auftreten, ſind übrigens ſehr ſelten. — Die Zahl der Kerne an den Nerven nimmt mit ihrem Fortſchreiten zur Mitte der Hornhaut ab, und zwar zuerſt im geraden Verhältniſs zur Breite des Nerven, ſpäter bedeutend raſcher, ſo dafs ein Stück eines gleich breit bleibenden Nerven weiter zum Centrum der Hornhaut oft keine Kerne zeigt, während ein gleich langer Abſchnitt deſſelben Nerven näher zur Peripherie deſſelben noch 1 – 2 Kerne aufweiſt. Dieſes könnte mit dem Verhalten der die Kerne führenden Membran, der Nervenſcheide, zuſammenhängen, die vielleicht nicht mehr ſo weit reicht, oder nur noch bruchſtückweiſe — als Häutchenzellen — vorhanden iſt. Aber haben die Cornealnerven überhaupt eine Scheide, und wenn ſie eine haben, als was iſt dieſelbe aufzufaſſen?

Die in der Literatur über die Cornealnerven gegebenen Aufſchlüſſe ſind leider ſehr ſpärlich: His [7], Langhans [12], Ciaccio [10], Lawdowski [13], Thanhoffer [14] ſprechen nur von kernführenden Nervenfaſern, ohne einer Scheide zu erwähnen, Hoyer [11] hält die Kerne für einen Beſtandteil der die Fibrillen zuſammenhaltenden Neuroglia, Waldeyer [6] läſst die Nervenfaſern nach Einbuſse des Markes als nackte Axencylinder weiterziehen; während Kuehne [15] ſie einer Scheide angehören läſst, von der er nicht entſcheidet, ob es die Schwann'ſche Scheide, oder ein einfaches Rohr mit kernhaltiger Wand ſei, erklären ſich Henle [16],

Cohnheim[17], Kölliker[18], Schweiger-Seidel[19], Rollet[20] und Klein[21] für eine kernhaltige Scheide.

Nach Cohnheim deutet, obgleich eine Scheide an den markloſen Faſern nicht mehr zu conſtatiren iſt, dennoch die unregelmäſsige Verteilung der Kerne und ihre Aehnlichkeit mit denen in den Hauptſtämmen beim Eintritt in die Cornea auf die Exiſtenz einer ſolchen, wenn auch die Gegenwart von Kernen, zumal an markloſen Faſern, noch kein ſicherer Beweis für die Exiſtenz einer Scheide iſt.

Rollet läſst die Scheiden ſowohl an den markhaltigen, als an den markloſen Faſern durch längliche Kerne angedeutet ſein; macht aber auch den Vorbehalt, daſs die an den Bündeln markloſer Faſern vereinzelt ſich anſchlieſsenden längsovalen Kerne nicht mit Beſtimmtheit auf eine zuſammenhängende Scheide bezogen werden können. Während dieſe beiden Forſcher ſich mit Vorbehalt für eine Scheide ausſprechen, erklären ſich die übrigen vier unbedingt für die Exiſtenz derſelben. Kölliker will ſie ſogar im Cornealepithel nachgewieſen haben. M. Schultze endlich ſpricht die Schwannſche Scheide nur den aus den Cornealnerven hervorgehenden letzten Einzelfibrillen ab.

Noch ſpärlicher wird die Ausbeute, wenn man die Literatur über die markloſen Faſern, inſofern ſie als Endausbreitungen der markhaltigen Nervenfaſern auftreten, durchforſcht; ſo reichhaltig die Literatur des peripheriſchen Nervenſyſtems über die markhaltige Nervenfaſer und über ihre Endorgane iſt, — für das Verbindungsglied beider, welches ſo oft als markloſe Faſer auftritt, ſcheinen die Forſcher ſich nicht intereſſirt zu haben. Man findet wol Hinweiſe auf dieſe bei der Beſchreibung der markloſen Faſern, welche neben den markhaltigen in den peripheriſchen Nervenbahnen, und im N. ſympathicus verlaufen, eine Identität des Baues beider Arten von markloſen Faſern iſt jedoch trotz der vielfachen Uebereinſtimmungen nicht behauptet worden, ſo daſs es zweifelhaft iſt, ob die Beſchreibung der markloſen (ſog. organiſchen)

Fafern auch ohne weiteres für die markloſe Endausbreitung markhaltiger Nerven paſst. Zudem herrſchte bis zu den Arbeiten von Key und Retzius[22] ein unbeſchreiblicher Wirrwarr in der neurologiſchen Nomenclatur: die Bezeichnungen Nervenhülle, Nervenſcheide, Schwannſche Scheide, Neurilemm, Perineurium, Primitivſcheide werden durch einandergeworfen; man iſt nie ſicher, ob unter einer der obigen Benennungen die Schwannſche Scheide ſenſu strictiori, das dieſe umgebende Bindegewebe, oder beides zuſammen gemeint iſt. So beſchreibt M. Schultze[2c] die Schwannſche Scheide — die er mit dem Neurilemm identificirt — als eine »bindegewebige Hülle«, die »entweder eine ſtructurloſe, glashelle, zarte Haut iſt, — — oder aus mehrfachen Lagen fibrillären Bindegewebes« beſteht. Die Auffaſſung der Schwannſchen Scheide als Bindegewebe iſt überhaupt eine ſehr verbreitete; neben anderen vertreten dieſe Anſicht Mauthner[22] (p. 62), Ewald und Kühne[23]; gegen dieſelbe erklärte ſich Kölliker[18], der den Nervenhüllen den bindegewebigen Charakter abſprach, da ihnen das Charakteriſtiſche des Bindegewebes, das Bindegewebskörperchen, fehle. Auch Key und Retzius, geſtützt auf ihre Injectionsverſuche, durch welche die Schwannſche Scheide nie von der Markſcheide getrennt werden konnte, ſprechen ihr den bindegewebigen Charakter ab, und halten ſie für mehr ſpeciell der Nervenfaſer angehörig.

Aus der ſpeciell neurologiſchen Literatur habe ich nun folgende Angaben, welche das Verhältniſs der Kerne der markloſen Nervenfaſern zu den, letztere etwa bekleidenden, Scheiden behandeln, anzuführen:

Reiſsner[24] conſtatirte als Charakteriſticum der peripheriſchen Nervenfaſer im Allgemeinen das Vorkommen von in den Primitivſcheiden liegenden ſpindelförmigen und länglichrunden Kernen. Aehnliche Reſultate erhält M. Schultze[2a] bei der Unterſuchung der die Endausbreitung des N. olfactorius bildenden blaſſen Faſern, die er mit den markloſen identificirt:

wo er Kerne fand, gehörten ſie den Scheiden an; aus der Abweſenheit der Kerne an den Primitivfaſern ſchlieſst er auf das Fehlen einer Scheide. Indem derſelbe [2 c.] von den markloſen Faſern der peripheriſchen Nerven ſpricht, beſchreibt er dieſe als aus dickeren oder dünneren Bündeln von Primitivfibrillen, nach Art der Axencylinder beſtehend, durch eine kernhaltige Scheide zuſammengehalten. Auch Waldeyer[3] läſst die grauen Faſern der Wirbelthiere von einer zarten kernhaltigen Scheide umgeben ſein. Key und Retzius[22] rechnen die myelinfreien Faſern der cerebroſpinalen Nerven und des Sympathicus zu derſelben Art hiſtiologiſcher Elemente, finden aber einen Unterſchied in dem Verhalten der Kerne; von den erſteren ſagen ſie (p. 86): »Obwohl man ſonſt ſehr wenige Spuren einer die Faſern bekleidenden (Schwann'ſchen) Scheide wahrzunehmen vermag, ſpricht doch das Vorhandenſein dieſer Kerne ſtark für die Exiſtenz einer ſolchen.« Von den markloſen Sympathicusfaſern dagegen heiſst es p. 160; »Von einer jede Faſer umgebenden Scheide ſehen wir nie beſtimmte Spuren. Nie war an unbeſchädigten Faſern eine ſolche Scheide wahrzunehmen, und an zerriſſenen ſehen wir keine Fetzen derſelben haften. Die einzige Bildung, welche für das Vorhandenſein einer Scheide ſpräche, ſind die — Kerne. — An ſolchen Präparaten, wo die verſchiedenen Faſern mehr von einander getrennt ſind, ſieht man, daſs die Kerne — den einzelnen Faſern, nicht aber einer für mehrere Faſern gemeinſamen Scheide angehören.« Trotzdem heiſst es auf der folgenden Seite, wo der Beweis für die nervöſe Natur der kernführenden Faſern erbracht wird: — »Endlich ähneln ſie den Nervenfaſern, in welche an manchen Endausbreitungen die Markfaſern nach Abgabe ihrer Myelinſcheide auslaufen. Daſs ſie übrigens den markloſen Faſern der cerebroſpinalen Nerven entſprechen, wurde ſchon bei dieſen hervorgehoben.« Die von Key und Retzius im Capitel: »der Bau der ſympathiſchen Nerven« citirten Forſcher ſprechen nur von kernführenden Faſern, ohne eine dazugehörige Membran

zu erwähnen, nur Axmann (p. 154) conſtatirt eine mit nicht wahrnehmbarer Structur verſehene und nur zuweilen mit platten Kernen beſetzte, dehnbare Haut, die er cylinderförmige Röhre, Scheide, Begränzungshaut nennt, Robin (p. 157) kennt Nervenfaſerſcheiden, Frey (p. 158) ein kernführendes Neurilemm.

Mir iſt es nicht gelungen, eine die Cornealnervenfaſern einſcheidende Membran zu ſehen, oder gar darzuſtellen. Wenn ich mich dennoch — mit der Mehrzahl der Forſcher, die ihr Augenmerk auf eine Hülle gelenkt haben, — für eine ſolche entſcheide, ſo geſchieht es erſtens aus denſelben Gründen, auf welche geſtützt obige Autoren ſich für die Exiſtenz derſelben erklären, dann aber auch — wie ich hier vorausgreifend erklären will — weil ich während des Degenerationsproceſſes in den Nervencanälen Bilder erhielt, die nur auf eine nach Schwund des Axencylinders perſiſtirende Membran zu beziehen waren.

Dieſe Membran nun faſſe ich als Schwannſche Scheide auf, weil eben keine andere, bindegewebige Hülle, auch nicht die Key und Retzius'ſche Fibrillenſcheide (p. 101), die Nervenfaſer ſo dicht umgiebt, daſs nicht zwiſchen beiden ein Zwiſchenraum bliebe und dadurch die Hülle zur Anſchauung gebracht werden könnte. Die an anderen Nervenfaſern beſchriebenen, als Lymphſcheide nachgewieſenen Bindegewebshüllen dürften an den Cornealnerven wol einzig durch die bindegewebige Grundſubſtanz der Hornhaut geliefert werden.

Der Zweck dieſes Capitels konnte natürlich nicht eine detaillirte hiſtiologiſche Beſchreibung der Cornealnerven und des Verhaltens zu ihrer Umgebung ſein; es kam mir vielmehr darauf an, bei der ſo wenig einheitlichen Terminologie, in vorliegendem Capitel diejenigen Begriffe feſtzuſtellen, die ich mir von den hiſtiologiſchen Elementen und den phyſiologiſchen Vorgängen in der Cornea, ſowie den ſie bezeichnenden Benennungen gebildet habe; dadurch mögen die vielfachen Lücken in obiger Darſtellung erklärt ſein.

2. Capitel.

Unterfuchungsplan und Unterfuchungsmethode

Nachdem fich mir die Aufgabe geftellt hatte, die Vorgänge der Degeneration und Regeneration markloſer Nerven zu beobachten, mufste ein Unterfuchungsobject gewählt werden, welches 1) markloſe Nerven in genügender Quantität darbot, 2) dem Eingriffe, der eine Störung des normalen Verhaltens der Nerven hervorzurufen beftimmt war, fowie der Beobachtung der auf den Eingriff erfolgenden Veränderungen keine allzugrofsen technifchen Schwierigkeiten entgegenftellte, 3) ftets in hinreichender Anzahl zu befchaffen war, um die Unterfuchung einer gröfseren Reihe zeitlich auf einander folgender Bilder deffelben Vorganges an demfelben Organ derfelben Thierfpecies zu ermöglichen. Markloſe Fafern in gröfserer Anzahl finden fich im Sympathicus und deffen Aeften, und in den Endausbreitungen der markhaltigen Nerven, befonders des Olfactorius, des Acufticus, und der die Cornea verforgenden nervi ciliares anteriores. Von einer Inangriffnahme des Sympathicus mufste abgefehen werden, da eine folche einerfeits tiefere Störungen in den Functionen des Organismus hervorrufen mufste, und dadurch auf die normale Entwickelung des Vorganges einen ftörenden Einfluſs haben konnte, andererfeits die Beobachtung eine fehr fchwierige gewefen wäre; daffelbe gilt von der in der Nafenfchleimhaut fich ausbreitenden Olfactoriusfafern. Dafs an den markloſen Endausbreitungen des Acusticus zu experimentiren ein Ding der Unmöglichkeit ift, braucht wol kaum noch erwähnt zu werden. Es lag alfo nahe, die Cornealnerven zu wählen,

Diefe boten aufserdem den grofsen Vortheil dar, dafs fie, in einem durchfichtigen Medium verlaufend, faft gar keiner Präparation bedurften, um in ihrer ganzen Ausbreitung unterfucht werden zu können. Hierauf aber kam es ganz befonders an, da an Präparaten, die durch Zerzupfen oder durch Schnitte geliefert werden, man nie ficher fein konnte, ob das im Bilde fich darftellende Ende der Nervenfafer als ein durch den phyfiologifchen Vorgang bedingtes, oder aber als ein durch den präparatorifchen Eingriff erzeugtes aufzufaffen wäre. Aus diefem Grunde mufsten auch fo dicke Hornhäute ausgefchloffen werden, dafs deren Nerven nur durch Quer- oder Flächenfchnitte der Unterfuchung zugänglich gemacht werden können; es konnten alfo nur folche benutzt werden, deren Dicke es erlaubte, alle Schichten des eigentlichen Hornhautgewebes ohne eingreifende Präparation mit einem mittelftarken Syftem (Hrt. 7) zu durchforfchen, oder mindeftens diejenigen Schichten derfelben, in denen das gröbere Nervengeflecht eingebettet ift. Von fämmtlichen Thieren nun, deren Hornhaut diefen Bedingungen entfpricht, ift der Frofch nicht nur das zunächft liegende, fondern fogar das einzig mögliche, da die kleineren Fifche und Vögel fowohl fehr fchwer in genügender Menge zu befchaffen find, als auch, was ihre Erhaltung betrifft, Anforderungen ftellen, denen durch die einem pathologifchen Inftitut gewöhnlich zu Gebote ftehenden Mittel nicht genügt werden kann. Zudem ift der vorzunehmende Eingriff ein fo geringfügiger, dafs er als Anlafs zu einer Ernährungsftörung kaum in Betracht kommt gegenüber der Entziehung von Freiheit und Nahrung, der die Fröfche notwendiger Weife unterworfen werden müffen.

Um mir das Unterfuchungsmaterial zu verfchaffen, wurden an einem Tage, in derfelben Sitzung, eine gröfsere Menge von Hornhäuten einer und derfelben Behandlung unterworfen, die den Zweck hatte, das normale Verhalten des Nerven zu ftören. Hauptfächlich bediente ich mich der Aetzung, wie fie von Boettcher[25] angegeben ift, und die zu modificiren ich keinen Grund hatte. Befonders betonen will ich das Abtrocknen der Cornea mit Fliefs

papier vor der Aetzung, da, wenn irgend wie zu viel Flüſſigkeit ſich auf derſelben befindet, die Aetzung leicht eine diffuſe wird, was man ſofort daran erkennt, daſs die Iris dort, wohin die mit dem Aetzmittel getränkte Flüſſigkeit abgefloſſen, ihre ſchön goldige Färbung verliert und faſt ſchwarz wird.

Als Aetzmittel wurde hauptſächlich eine Löſung von Kali causticum (1 : 2) angewandt, mit welcher ich vollſtändig genügende Reſultate erreichte. Nachdem in einigen Tagen der Aetzbezirk ſich aufgeklärt hatte, konnte man am Rande desſelben die Nervenfaſern wie abgebrochen aufhören ſehen. Auch Schwefelſäure leiſtet gute Dienſte, wurde jedoch von mir nur Anfangs angewandt. Vor der Anwendung des, bei den früheren Unterſuchungen über die Provenienz der Eiterkörperchen ſo ſehr gerühmten, Chlorzinks für dieſen Zweck möchte ich warnen: ich beſitze das Präparat einer Hornhaut, die 16 Tage nach der Aetzung zur Beobachtung gelangte, in deren vollſtändig klarem Aetzbezirk nicht eine einzige Hornhautzelle erhalten war, die Nerven dagegen ein durchaus normales Verhalten zeigten. Die Hornhaut war am 26. März eine ganze Minute lang der Wirkung des Aetzmittels ausgeſetzt geweſen.

Als Aetzmittel diente auch mir das 1 Cm. lange mit der Pincette gehaltene, in der Löſung des Aetzmittels getränkte Seidenfädchen. Von Wichtigkeit iſt hierbei, daſs der Querſchnitt, mit welchem die Hornhaut berührt wird, einen Durchmeſſer von etwa 1 mm. hat. Ein gröſserer würde durch zu extenſive Aetzung die Ernährung der Cornea gefährden, bei einem kleineren aber läuft man Gefahr, nicht etwa einen gröſseren Nervenſtamm nicht in den Aetzbezirk mit hineinzubeziehen (wir ſahen ja, daſs in der Hornhaut des Froſches die ungefähr 3 μ ſtarken Nerven nie weiter als 0,8 mm. von einander entfernt ſind), ſondern vielmehr, daſs gerade zu der Zeit, wo in den Nervenbahnen des Aetzbezirks ſich höchſt intereſſante Vorgänge abſpielen, dieſer durch maſſenhaft hineinwachſende Spieſse vollſtändig eingenommen und ſo das Unterſuchungsfeld der Beobachtung unzugänglich wird. Auſserdem

habe ich noch auf das Abtupfen des Seidenfädchens, bevor es auf die Cornea gebracht wird, Gewicht zu legen; eine zu grofse Menge des Aetzmittels fliefst leicht ab, verbreitet fich über die ganze Hornhaut und gefährdet durch Alteration der Iris und des Ciliarkörpers die Ernährung der Cornea. Nach gelungener Aetzung ficht man auf der Aetzftelle einen, dem Querfchnitt des Seidenfädchens an Umfang entfprechenden, weifsen, undurchsichtigen, fcharf umfchriebenen Fleck; die Iris mufs dabei ganz unverändert geblieben fein, oder darf höchstens einen Stich ins Graue erhalten haben. Wird fie fchwarz, fo ift die Hornhaut als verloren zu betrachten, da fie im weiteren Verlauf fich fo ftark infiltrirt, dafs von einer Durchforfchung in toto unter dem Mikrofkop nicht mehr die Rede fein kann, wenn nicht gar Perforation derfelben, oder Atrophie des Bulbus eintritt.

Was nun die Dauer der Aetzung betrifft, fo habe ich diefelbe mit 15 Sekunden begonnen und fpäter bis auf 60 Sekunden ausgedehnt. Von Winterfröfchen wurde diefer letztgenannte Eingriff recht gut ertragen, bei Frühjahrsfröfchen ftellte fich in ungefähr der Hälfte der Fälle Perforation der Hornhant ein, (diefes gilt von der Aetzung mit Kali; die Chlorzinkätzung, 60 Sekunden fortgefetzt, wurde ohne Schaden vertragen). Bei fpäteren Aetzungen von Frühjahrsfröfchen mit Kali befchränkte ich mich auf eine Dauer von 45 Sekunden, wobei die Refultate durchaus zufriedenftellende waren. Eine Aetzungsdauer von 15 Sekunden war unter allen Umftänden eine zu kurze. Die Axencylinder zeigten zwar ein abweichendes Verhalten, ich konnte aber nicht die Ueberzeugung gewinnen, dafs fie zerftört waren. Ein Verfuch, auf derfelben Hornhaut zwei Aetzbezirke anzulegen, um das Verhalten zwifchen beiden etwa heil gebliebener Nerven zu beobachten, führte zu keinen Refultaten, da entweder die Corneen zu Grunde gingen, oder nur ein grofser Aetzbezirk aus der doppelten Aetzung hervorgegangen war.

Noch bevor ich von Tizzonis Arbeit Kenntnifs hatte, habe ich die Cornealnerven durch Schnitt getrennt, indem ich an atropinifirten Fröfchen mit einem Starmeffer die Hornhaut in der Länge von ungefähr $^2/_3$ eines Cornealdurchmessers durchtrennte. Obwol nun an den durchtrennten Nerven Degeneration und beginnende Regeneration beobachtet werden konnten, gab ich doch diefe Methode auf, da am 21. Tage nach der Durchfchneidung noch keine Verwachfung der Schnittwände der Cornealfubftanz eingetreten war, fondern nur Verklebung des Schnittes durch Aneinanderlegen des vorderen und hinteren Epithellagers (cfr. 26), nach Entfernung welcher der Schnitt klaffte, mir es aber bei diefer Unterfuchung auf die Beobachtung derjenigen Elemente ankam, welche etwa von einem Schnittrande zum anderen, oder durch die Narbe, hindurchgewachfen wären, ich diefe aber jedesmal bei der unumgänglichen Entfernung des, nach Goldfärbung undurchfichtigen, Epithels zerftört hätte. Ich glaube aber doch, dafs diefe Methode, an Frühjahrsfröfchen geübt, für die fpäteren Stadien zu intereffanten Refultaten führen dürfte.

Von einem Abfchaben der Cornea, wie es Tizzoni ausgeübt, glaubte ich abfehen zu können; ein oberflächliches Abfchaben hätte die in den hinteren Schichten der Cornea liegenden Nerven nicht erreicht; um diefe zu zerftören, hätte man bis auf die M. Descemeti dringen müffen, damit aber auch die Gefahr einer Perforation nahe gelegt. Ueberdies ift es unverftändlich, was durch ein Abfchaben bezweckt werden follte; falls, im beften Falle, die Hornhaut nicht durch Eiterung zu Grunde geht, fondern der Subftanzdefect fich zur Heilung anfchickt, fo kann eine folche nur durch undurchfichtiges Narbengewebe zu Stande kommen, alfo eine Beobachtung der Nerven nur unmöglich machen. Um übrigens ein endgültiges Urteil über diefe Methode abzugeben, wird die von Tizzoni angekündigte Veröffentlichung feiner Unterfuchungen über Degeneration blaffer Nervenfafern abzuwarten fein, da der betreffende Abfchnitt in der Abhandlung im

Archivio per le scienze mediche doch nur als eine vorläufige Mitteilung zu betrachten ist.

Die also vorbereiteten Frösche wurden in einem möglichst geräumigen Glasgefäs aufbewahrt, das in einem der Säle des pathologischen Instituts aufgestellt wurde und so viel Wasser enthielt, dass die Thiere mit Leichtigkeit den Kopf über die Oberfläche desselben erheben konnten. Das Wasser wurde täglich erneuert. Es gelang mir nicht, die Thiere zur Aufnahme von Nahrung zu bringen; Versuche mit Weisbrod, feingehacktem Fleisch lebenden Regenwürmern schlugen fehl, und wurden schliefslich aufgegeben, weil dadurch das Wasser getrübt wurde. Lebende Fliegen wurden allerdings nicht verschmäht, konnten aber nicht in genügender Menge und nur unregelmäfsig beschafft werden. Auch mufs ich Neumann beistimmen, welcher behauptet, dass Frösche das Hungern sehr gut aushalten. Der Frosch, den ich 92 Tage nach der Aetzung tödtete, zeigte noch gar keine Symptome von Erschöpfung. Allerdings waren während dieses Zeitraumes mehrere Frösche crepirt, doch waren diese nicht immer die in ihrer Ernährung am meisten herabgekommen. Auffallend war unter ihnen die grofse Zahl auf beiden Augen erblindeter; ich glaube nicht, den an den Augen abgelaufenen Process als Todesursache anschuldigen zu dürfen, vielmehr liegt der Gedanke nahe, dass die Erblindung die Thiere verhinderte, etwaige im Wasser befindliche Nahrungsmittel sich anzueignen.

Meine Untersuchungen erstreckten sich auf die Zeit von November bis August; ich hatte also Gelegenheit, die Vorgänge sowol an Herbst-, als auch an Frühjahrsfröschen zu studiren. Wie vorauszusehen, bot an beiden Gattungen der Process keine wesentlichen Verschiedenheiten dar, nur war die Aufeinanderfolge der verschiedenen Stadien bei Frühjahrsfröschen eine raschere.

Um die Hornhäute einer Untersuchung zu unterziehen, tödtete ich die Frösche: In den ersten 24 Stunden nach der Aetzung — erst unmittelbar nach der Aetzung, und dann nach Ablauf je einer

Stunde, während des erſten Monats jeden Tag einen, im 2. Monat jeden 2. Tag, im dritten Monat in Zwiſchenräumen von 4—5 Tagen. (Auch Hornhäute während dieſer Zeit aus irgend welchen Urſachen zu Grunde gegangener Fröſche wurden der Unterſuchung unterworfen, und lieferten brauchbare Bilder.) Die Hornhaut wurde darauf ſofort hart am Scleralrand abgetragen; dieſes Verfahren erprobte ſich mir als das bei weitem vorzüglichere im Vergleich zu der vorläufigen Enucleation des Bulbus, oder der Abtragung des halben Bulbus durch ein Scherenſchlag und nachfolgender Umſchneidung der Hornhaut. Man gewinnt erſtens an Zeit, dann iſt wegen der beſſeren Handhabe, die man am ganzen Kopfe des Thieres hat, das Verfahren ein techniſch viel bequemeres, endlich wird ein Zerren und Quetſchen der Cornea vermieden, was, trotzdem daſs dadurch die Nerven in ihrer Lage und Geſtalt kaum eine Aenderung erfahren dürften, für die Integrität der Hornhaut als ganzes nicht ohne Einfluſs ſein kann; wenigſtens erhielt ich an Präparaten, die nach einer der beiden letztgenannten Methoden hergeſtellt waren, conſtant ſchlechtere Goldfärbung und undeutlichere Bilder, als wenn ich die Hornhaut allein von dem in situ verbliebenen Bulbus entfernte. Zu dieſem Zwecke wurde die Sclera an irgend einer vom Cornealrande um 2—3 mm. entfernten Stelle mit einem möglichſt ſcharfen, ſpitzigen Inſtrument (Starnadel, Scherenſpitze) durchſtochen, und zwar in einer von der Tangente nur wenig nach innen abweichenden Richtung, was beſonders bei einer perforirten Hornhaut geboten erſcheint, da hier bei radiärem Druck die Linſe durch die Perforationsöffnung auszuweichen ſucht, und den ſchon beſtehenden Subſtanzdefect vergröſsert. In die Stichſtelle wird die eine Branche einer feinen, nach der Fläche gebogenen Schere eingeführt, mit einem Schlage der Scleralrand erreicht, und nun hart an demſelben die Hornhaut umſchnitten. Iſt es gelungen, die Sclera überall am Bulbus zurückzulaſſen, ſo wird jetzt mit einer Pincette die Hornhaut leicht entfernt, ohne daſs die Iris auch nur aus ihrer Lage verrückt würde. Soll die

Hornhaut frifch unterfucht werden, fo bringt man fie auf einen Objectträger, auf welchem man fchon vorher den humor aqueus deffelben Auges aufgefangen hat, macht radiär gerichtete Einfchnitte und bedeckt fie mit einem Deckglas. Die anfänglich vollftändig homogen erfcheinende Hornhaut läfst dann nach 1—2 Stunden fich ganz gut unterfuchen. Soll die Cornea gefärbt werden, fo kann man entweder fofort zur Färbung fchreiten, oder auch die fchon im frifchen Zuftande unterfuchte Hornhaut derfelben Operation unterwerfen; man erhält auch an diefen noch ganz gute Färbungsrefultate, falls nach der Ausfchneidung nicht mehr als drei Stunden verfloffen find.

Haben fich vordere Synechien entwickelt, fo tut man am beften, falls folche fich nicht bei der Abhebung der Cornea von der Iris löfen, die Cornea mit der anhaftenden Iris oder den Fetzen derfelben in ein Uhrgläschen mit deftillirtem Waffer zu tun, um dort die Löfung mit Präparirnadel und Pincette vorzunehmen; die im Waffer flottirenden Fetzen laffen fich auf diefe Weife am beften erfaffen und entfernen, ohne dabei die Cornea zu fehr zu gefährden. Bei Synechien von gröfserer Ausdehnung bleibt nichts übrig, als die Entfernung nach vorhergegangener Färbung durch Abfchaben mit dem Meffer vorzunehmen. Dasfelbe gilt von Anheftungen der Linfenkapfel.

Im Anfange meiner Beobachtungen unterfuchte ich eine jede Hornhaut, bevor fie gefärbt wurde, im frifchen Zuftande. Nachdem ich mich überzeugt, dafs die Bilder durch die Goldfärbung genau fixirt wurden, habe ich im Verlauf der fpäteren Unterfuchungen nur felten vorläufige Unterfuchungen der frifchen Cornea vorgenommen; auch bei diefen waren die Bilder mit den erhaltenen Goldbildern identifch.

Als Färbemittel benutzte ich Löfungen von Haematoxylin, Carmin, Ueberosmiumfäure, Palladiumchlorür, Silberfalpeter und Goldchlorid. Da die vier erftgenannten Färbemittel mir keine für meinen Zweck verwendbaren Bilder lieferten, ich mich auch bei

meiner Beſchreibung ausſchliefslich auf Goldbilder ſtützen werde, ſo will ich nur auf die Goldfärbung näher eingehen. Ich befolgte die von Boettcher[25] geübte Baſtian-Pritchardſche Methode.

Die von allen etwa anhängenden Gewebsfetzen im Waſſer befreite Cornea wird in ein Uhrglas getan, mit der 0,2 % Löſung von Goldchlorid übergoſſen (2—3 ccm.) und in derſelben 10—15 Minuten liegen gelaſſen. Im Sommer genügten auch 8—12 Min. zu einer vollſtändigen Durchtränkung des Gewebes mit der Goldlöſung. Nach Ablauf dieſer Zeit hat die zuvor vollſtändig durchſichtige Hornhaut eine citronengelbe Färbung angenommen, ſie wird wieder in deſtillirtem Waſſer abgeſpült, in ein kleines Stöpſelglas getan und in einer Löſung von Ameiſenſäure und Amylalcohol in Waſſer (ana 1 : 100) bis zum nächſten Tage aufbewahrt, alſo 20—24 Stunden. Im Sommer genügten mir oft 8—10 Stunden, um eine vollſtändige Reduction des Goldes, mithin die gewünſchte Färbung herbeizuführen. Sobald die Cornea mit dieſer Löſung übergoſſen worden, macht das Citronengelb einer bläulich weiſsen Färbung Platz. Beim Uebergieſsen der Hornhäute mit der Goldlöſung geſchieht es zuweilen, daſs dieſelben ſich zuſammenrollen, was zur Folge hat, daſs die vor der Berührung mit der Löſung geſchützten Partien ungefärbt bleiben. Um dieſes zu verhüten, genügt es, die zuſammengerollte Hornhaut mit Hülfe zweier Nadeln auszubreiten; ſollte ſie trotzdem ſich wieder aufrollen, ſo beſeitigen dieſen Uebelſtand einige radiär angelegte Einſchnitte.

Die durch Ameiſenſäure bedingte Reduction des Goldchlorids iſt, wie bekannt, unabhängig von der Einwirkung des Lichtes; nicht ſo unabhängig iſt ſie von der Temperatur. Als in den erſten Tagen des Januar a. c. die Zimmertemperatur im pathologiſchen Inſtitut ſich nicht über + 15° C. erhob, waren die Tags zuvor nach gewohnter Weiſe behandelten Cornea genau ſo bläulich weiſs, wie gleich nachdem ſie mit der Ameiſenſäurelöſung übergoſſen worden waren. Nachdem ich das Fläſchchen ungefähr

2 Stunden in der Weſtentaſche getragen hatte, war die Reduction vollendet.

Um die Hornhaut unter das Mikroſkop zu bringen, muſs ſie ausgebreitet werden, was man durch in den Rand angebrachte radiär gerichtete Einſchnitte erreicht. Dieſe müſſen mindeſtens einen halben Radius tief angelegt werden, da ſonſt die Cornea unter dem Deckglas ſich faltet. Vier einen Viertelkreis zwiſchen ſich laſſende Einſchnitte genügen meiſtens. Etwaige Reſte der Sclera nebſt anhaftender Chorioidea, die intenſiv ſchwarz erſcheinen, müſſen am beſten mit einem ſcharfen Meſſer entfernt werden; dieſes iſt unbedingt erforderlich um ein gleichmäſsiges Anliegen des Deckglaſes zu ermöglichen. Jetzt wird das Epithel der äuſseren Oberfläche entfernt; genügt das Abpinſeln nicht, ſo muſs man zum Meſſer greifen, da oft geringe Reſte des ſich intenſiv färbenden Epithels recht ſtörend ſein können; mit dem Meſſer wird ſanft und gleichmäſsig über die ausgebreitete Cornea hingeſtrichen, indem die Klinge mit der Hornhautoberfläche einen ſpitzen, zur Streichrichtung hin offenen Winkel bildet. Ebenſo verfährt man mit dem Epithel der Membrana Descemeti, falls ſolches, was ſehr häufig iſt, nicht ſchon vorher abgefallen ſein ſollte. Hier iſt vor der Anwendung des Meſſers zu warnen, da auch kleine Einriſſe in die M. Deſc. ſehr ſtörend werden können, indem das zu entfernende Epithel ſich in dieſelben hinein ſchiebt; ſolche Präparate ſind als verlorene zu betrachten, da es nie gelingt, die Epithelien aus ſolch einem Spalt zu entfernen. Ueberhaupt muſs dieſe ganze Operation ſo raſch als möglich ausgeführt werden, um etwaige Verunreinigung durch hinein fallende Staubpartikelchen zu vermeiden, deren Entfernung ſpäter unendliche Schwierigkeiten bereitet. Hat man ſich unter dem Mikroſkop (Hrt. Syſt. 7) überzeugt, daſs weder Epithelien, noch Schmutzpartikelchen, noch Luftblaſen das Bild ſtören, ſo wird das Präparat mit der M. Descemeti nach oben entweder in Glycerin (1 : 10 aq), oder nach vorläufiger Härtung

in Alcohol und Klärung in Nelkenoel in Canadabalſam (Chloroformlöſung) eingeſchloſſen.

Eine gelungene Goldfärbung kennzeichnet ſich ſchon mikroſkopiſch dadurch, daſs die Hornhaut dunkel weinrot, durchſcheinend erſcheint. Nach Entfernung des Epithels erkennt man, daſs dieſe Färbung durch das intenſiv rot gefärbte Epithel bedingt war, die Cornealſubſtanz erſcheint jetzt roſaviolett, der Aetzbezirk bläulich weiſs, ſo lange in ihm die ſich färbenden Elemente fehlen. Im mikroſkopiſchen Bilde erkennt man, daſs ſich Nerven, Kerne, fixe und Wanderzellen der Hornhaut gefärbt haben, während die Grundſubſtanz vollſtändig durchſichtig, ungefärbt geblieben. Der Grundton der Goldfärbung iſt ein Roſaviolett, an recht guten Präparaten ſieht man, daſs die Nerven von meſsbarer Breite einen Stich ins Rote haben, die unmeſsbaren, ſo wie die Primitivfibrillen dunkel, faſt ſchwarz erſcheinen, von derſelben Farbe wie die Spieſse, während Zellen und Kerne ſich mehr dem Blau nähern. An einem Präparat, das gleich nach dem Goldbade in eine Eſſigſäurelöſung gebracht wurde, waren Kerne und Zellen intenſiv blau, während die Nerven roſarot erſchienen.

Leider liegt es nicht in der Hand des Experimentators, eine ſolche Färbung zu erzwingen. Auch das peinlichſte Befolgen eines Verfahrens, das in der groſsen Mehrzahl der Fälle zum gewünſchten Reſultate führte, garantirte nicht unfehlbaren Erfolg. Die Hornhaut erſcheint eintönig violettgrau, ein anderes Mal tief dunkelrot, diffus gefärbt, kaum daſs Nerven, Zellen und Kerne durch dunklere Schattirung kenntlich ſind; bald bleiben einzelne kleinere, zerſtreute Partien — nicht, wie oben beſprochen, gröſsere zuſammenhängende Abſchnitte, — ungefärbt; dann wieder iſt die Färbung eine bunt ſcheckige, gelb, orange, rot, violett, in den verſchiedenſten Abſtufungen. Eine Erklärung für dieſe Erſcheinungen weiſs ich nicht zu geben, ſo wenig wie Alle, die bisher die Goldfärbung angewandt haben. Gewiſs hat Hoyer Recht, wenn er behauptet, die individuellen Verſchiedenheiten bei den einzelnen Thieren ſeien

in diefer Beziehung fehr grofs. Auch ich habe beobachtet, dafs bei gleichem Verhalten der Hornhäute am lebenden Thiere beide Corneen fich entweder gut oder fchlecht färbten — obgleich auch diefe Regel nicht ohne Ausnahme ift. So paffirte es einmal, dafs ich vier vollkommen klare Hornhäute von 2 Fröfchen (durch Uebergiefsen) gleichzeitig in dasfelbe Goldbad brachte, gleichzeitig (durch Abgiefsen der Goldlöfung) daraus entfernte, und gleichzeitig mit der Ameifenfäurelöfung übergofs; eine von ihnen war prächtig gefärbt, die drei übrigen unbrauchbar. Manches läfst fich allerdings erreichen durch peinliche Sauberkeit der zur Verwendung kommenden Gefäfse, fowie durch Frifche der Löfungen des Goldchlorids und der Ameifenfäure, durch möglichft geringes Maltraitiren des frifchen Objects, — vollftändig vermeiden liefsen fich folche Zufalle bis jetzt nie. Faft conftant waren fchlechte Färbungen bei Schwellungen der Cornea und deren Folgezuftänden — Perforationen, Leukomen. Bei diefen erfchien die Grundfubftanz faft ausnahmslos dunkel, rot bis violett, tingirt. Oft konnten diefe Corneen dennoch ausgenutzt werden, indem ich nach Moscley's [28] Vorfchlage das vorliegende Präparat in zwei, auch drei Schichten fpaltete, von denen die der M. Desc. zunächft liegende alsdann der Unterfuchung unterworfen wurde; wenn auch die Grundfubftanz gefärbt blieb, fo wurde das Präparat doch durchfichtiger, Zellen und Nerven hoben fich mehr von der Grundfubftanz ab, ja es war nicht mehr fchwer, die feinen Nervenfafern von Spiefsen zu unterfcheiden. Bei einiger Uebung gelingt es leicht, mit Hilfe einer geraden und einer gekrümmten Nadel diefe Spaltung zu Stande zu bringen. Ebenfo verfuhr ich auch bei diffus gefärbten, nicht gefchwellten Hornhäuten, und zwar mit zufriedenftellendem Erfolge. Am beften bringt man die Nerven zur Anfchauung, wenn man darauf ausgeht, nur die M. Descemiti abzutrennen, mit welcher faft regelmäfsig diejenigen Schichten mit abgetrennt werden, in denen die ftärkeren Nervengeflechte verlaufen. Doch habe ich diefes Verfahren fehr bald verlaffen, da in folchen Prä-

paraten die Reizungszone ſich faſt nie mit genügender Deutlichkeit abgrenzen lieſs.

Will man geſpaltene Hornhäute in Canadabalſam aufbewahren, ſo tut man gut, die Härtung in Alcohol zwiſchen zwei Deckgläschen vorzunehmen, da ſonſt leicht ſtarke Schrumpfung eintritt; ebenſo, wenn ſie in Nelkenöl gebracht werden. Doch laſſen ſich auf dieſe Weiſe unbrauchbar gewordene Präparate immer noch wieder brauchbar machen, indem man den rückgängigen Weg einſchlägt, das Nelkenoel durch Alcohol extrahirt, den Alcohol durch deſtillirtes Waſſer, und dann das Präparat in Glycerin aufhebt.

Es könnte der eben dargelegten Unterſuchungsmethode der Vorwurf gemacht werden, daſs die angewandten Hilfsmittel immer dieſelben geweſen, alſo keinerlei Controle durch andere Reagentien, Färbemittel etc. geübt worden ſei. Ich bin mir deſſen wohl bewuſst, daſs hiſtiologiſche Unterſuchungen eines Gewebes, gleichviel ob normal oder pathologiſch, erſt dadurch eine gewiſſe Sicherheit erlangen, wenn man auf verſchiedenen Wegen, durch Anwendung verſchiedener Reagentien etc. zu demſelben Reſultate gelangt; aber einerſeits ſind, wie von allen Forſchern zugeſtanden wird, und wovon ich mich ſelbſt überzeugt habe, die Goldbilder ſo klare und ſo wenig von denen in der lebenden Hornhaut abweichende, daſs man ohne Fehler von jenen auf Vorgänge in der lebenden Cornea ſchlieſsen kann; und dann iſt etwas anderes, ein Gewebe unterſuchen, wo ein miſslungenes Präparat ſofort durch ein anderes erſetzt werden kann, und wieder etwas anderes, einen Vorgang an einer Reihe von Präparaten zu verfolgen, wo ein miſslungenes Präparat jedesmal eine Lücke bildet; hier gilt es, ſich ſolcher Hilfsmittel zu bedienen, die erfahrungsgemäſs am ſicherſten zum Ziele führen, und dann die ganze Reihe von Präparaten unter möglichſt gleichen Bedingungen anzufertigen, alſo jedenfalls dieſelben Färbemittel anzuwenden. Es hätte keinen Sinn gehabt, hätte ich beiſpielsweiſe in der erſten Woche meine

Präparate mit Silber tingirt, in der zweiten mit Carmin gefärbt, in der dritten Haemataxylin angewandt, gleichzeitig aber mehrere Serien drei Monate hindurch zu verfolgen, dazu dürfte weder die Zeit noch die Kraft eines Arbeiters ausreichen.

3. Capitel.

Beobachtungen.

Die in der Literatur niedergelegten Referate über Beobachtungen des vorliegenden Proceſſes gewähren keine reiche Ausbeute. Das, was ich darüber gefunden, will ich in Nachfolgendem zuſammenſtellen.

His, Beiträge zur normalen und pathologiſchen Hiſtologie der Cornea. Baſel 1856. pag. 62.

«Die anatomiſche Betheiligung der Nerven bei entzündlicher Ergriffenheit des Hornhautgewebes iſt ſehr unbedeutend, auffallend erſcheint ein etwas vermehrter Glanz der einzelnen Faſer.»

Boettcher, Experimentelle Unterſuchungen über die Entſtehung der Eiterkörperchen bei der traumatiſchen Keratitis. Virchow's Archiv, Bd. 58. 1873. pag. 371.

«Von den feinen Nervenfaſern, die in einem Theile der Präparate, aber nicht in allen, erhalten ſind, unterſcheiden ſie» (die geraden goldgefärbten Spalten der Grundſubſtanz) «ſich durch ihren ſtets parallelen Verlauf, durch ihre viel unregelmäſsigere Dicke, und durch ihre Kürze.»

Bogosloffskoy, Experimentelle Studien über die Regeneration des Epithels der Cornea. Virchow's Archiv. Bd. 65. 1875. Er zerſtörte die Epithelialnerven durch Abſchaben des

Epithels, und conſtatirte nur das Factum der ſtattgehabten Regeneration.

Stricker, Weitere Unterſuchungen über die Keratitis. Archiv für Augen- und Ohrenheilkunde, Bd. 5. 1876. p. 12.

«Da wo ſich durch die geſchwellten und getheilten Hornhautkörper Nervenfäden hindurchziehen, erweiſt ſich auch der Inhalt derſelben ganz wie die veräſtigten Zellen in Stücke zertheilt.» Der Nervenfaden iſt mächtig geſchwellt, die Elemente deſſelben ſind nicht eingewandert; «denn dieſe Formgebilde lagen im Nerven, und innerhalb jenes Gebietes, wo auch die Zellen zertheilt waren; ſobald ſich der Nerv in ein Feld erſtreckte, wo die Zellen rings um ihn ungetheilt waren, erſchien auch er von den bekannten braunen oblongen Linien durchzogen, von welchen normale, in Silber gefärbte Nerven in der Regel durchzogen ſind.» — «Entweder iſt hier ein Endothel geſchwellt und zertheilt worden, oder es haben ſich die Axenfaſern zertheilt, oder es concurriren beide Zuſtände mit einander. Ich habe bis jetzt keinen Grund, eines von beiden Momenten auszuſchlieſsen.» — «Daſs markloſe Nervenfäden in Entzündungsherden gleich Zellen anſchwellen, habe ich ſchon früher geſehen.»

Thanhoffer, Ueber Hornhautentzündung, Mittheilungen der ungariſchen Academie der Wiſſenſchaften, 8. October 1877, citirt nach dem Centralblatt für practiſche Augenheilkunde 1877. pagina 269.

«Während der Entzündung verändern ſich auch die Nerven. Dieſe werden durch in ihren Canälen ſich anhäufende Wanderzellen, ſowie die Kernwucherung an ihren Scheiden verworren und verſchwinden ſpäter; mit der Zeit finden ſich an ihrer Stelle eigenthümliche langgeſtreckte Zellen, von denen wahrſcheinlich die Regeneration der Nerven ausgeht.»

Senftleben, Beiträge zur Lehre von der Entzündung und den dabei auftretenden corpusculären Elementen. Virchow's Archiv. Bd. 72. 1878. pag. 559. Er conftatirte, dafs die Einwanderung der Wanderzellen auch auf den Nervenbahnen zu Stande komme.

Tizzoni, Sulla patologia del tessuto nervoso. Archivio per le scienze mediche. Vol. III. Fasco I. 1878. p. 14. Digenerazione e rigenerazione delle fibre pallide.

Er reizte die Nerven der Cornea durch centrale Cauterifation mit lapis infernalis, durch perforirende Schnitte mit dem Rafirmeffer, oder durch Abfchaben oder Abtragen feiner, oberflächlicher Lamellen. Die Unterfuchungen wurden $4^1/_2$ Monate fortgefetzt. Die Hornhaut wurde unterfucht mit der Rückfeite nach oben gekehrt, frifch im humor aqueus, die Refultate controllirt nach Färbung in Goldchlorid. Die erftere Art giebt genauere Bilder. Durch körnige Degeneration wird die Faler gefchwellt, zeigt zuweilen Fetttropfen. In ihr traten abgerundete, mit albuminöfer Flüffigkeit gefüllte Vacuolen auf. Der degenerirte Nerv endigte nach 4—5 Tagen in einer gewiffen Entfernung vom Orte der Verletzung mit einer unregelmäfsigen oder einer keulenförmigen Anfchwellung, oder mit einer mehr oder weniger unterbrochenen Spirale. Die degenerirte Partie endete an einem Teilungspuncte, dort begann zu gleicher Zeit eine Wucherung der Faferkerne. Bei ftarken Reizen traten Wanderzellen auf, bald neben dem Axencylinder, bald in den hellen Vacuolen. Bei der Regeneration nahmen die neugebildeten Fafern den Platz der zerftörten ein, zuweilen fand fich eine kleine degenerirte Portion im Verlauf (in continuazione) einer unterbrochenen Linie von Körnern, dem letzten Ueberreft der degenerirten Faler. Die Regeneration kam aufserdem zu Stande durch Verlängerung verfchiedener Teile der normalen Fafern,

besonders wuchs der Axencylinder aus dem Stumpfe der Faser unter der Form eines feinen Fortsatzes, der gewöhnlich in einen glänzenden Punct auslief.

Beobachtungen, die Degeneration und Regeneration markloser Nerven im Allgemeinen betreffend, finden sich bei folgenden Autoren.

Nach Waller [1. c.] geht die Regeneration der sympathischen Fasern ebenso von Statten, wie die der anderen. Die neugebildeten Fasern am Vagus der Taube waren nur halb so dick, als die der gesunden Seite.

Cossy et Déjeurine, Récherches sur la dégénérescence des nerfs, séparés de leurs centres trophiques. Arch. de Physiol. 1875. sept. année pag. 582.

«Nous n'avons jamais observé aucune lésion bien nette de ces fibres (de Remak); aussi croyons nous avec M. Vulpian, que les lésions, qu'elles présentent, lorsqu'elles sont sectionnés, sont entourés d'une grande obscurité . . . . . .»

Nach Ranvier [4. c.] (T. II. pag. 14. 15.) sind an Warmblütern 4 Tage nach der Durchschneidung die Kerne der Remak'schen Fasern hypertrophirt und besitzen mehrere Kernkörperchen. Ihr Contour zeigt in der Mitte eine leichte Depression, so dass ungefähr die Form eines Zwerchsackes angedeutet wird. Im Innern der Fasern beobachtet man, unregelmäfsig verteilt, Vacuolen. Von 5—7 Tage treten Fettkörnchen entweder als Begleiter, oder als Stellvertreter derselben auf. Nie erscheinen innerhalb der Fasern Körnchen mit dem Character des Myelin.

Indem ich zur Darlegung der von mir angestellten Beobachtungen übergehe, muss ich zuvörderst erklären, dass der Process der Degeneration und Regeneration sich nicht

durchaus gleichmäfsig bei allen unterfuchten Individuen abfpielt. Abgefehen von der Jahreszeit, in der die Unterfuchung angeftellt wurde, dem Ernährungszuftande des unterfuchten Frofches, die befchleunigend refp. hemmend auf den Verlauf des Proceffes einwirkten, war von befonderem Einflufs auf denfelben der Grad der urfprünglichen Störung, welcher durch den Eingriff erzielt wurde; und zwar ftehen hier meine Beobachtungen in Widerfpruch zu denen Tizzoni's, der gefunden, dafs die Stärke der Reizung im geraden Verhältnifs ftehe zum Verlauf des Proceffes; nach meinen Beobachtungen findet genau das Gegenteil ftatt: je ftärker die Aetzung war, — d. h. je gröfser der Aetzbezirk geworden, je weiter nach hinten die Hornhautzellen zerftört worden, — um fo fpäter traten die einzelnen, noch zu befchreibenden Stadien ein, und um fo langfamer verliefen fie. Es kommt jedoch noch ein Moment hinzu: es ift oben fchon gefagt worden, dafs ich mir Mühe gab, die Corneen einer jeden Serie ftets gleichmäfsig zu ätzen, fowohl was Dauer der Aetzung, als auch Concentration des Aetzmittels und Berührungsfläche des Aetzmittelträgers betraf; wenn ich trotzdem zuweilen im Bereich des Aetzbezirks, unweit der M. Descemeti noch normale fixe Hornhautzellen fand, in andern Fällen derfelben Serie Perforation der Cornea, fo ift gewifs auch hier eine individuelle Verfchiedenheit in der Widerftandsfähigkeit der Verfuchsthiere in Anfchlag zu bringen.

Zunächft will ich die mikroskopifch fichtbaren Veränderungen befprechen. Unmittelbar nach gelungener Aetzung ficht man an der Aetzftelle eine Trübung auftreten; diefe entfpricht an Gröfse genau der Berührungsfläche des Aetzmittelträgers, fie verfchwindet im Verlauf des erften, fpäteftens des zweiten Tages, indem an ihrer Stelle das Epithel abgeftofsen wird und ein mehr weniger tiefgehender Subftanzdefect entfteht. Die Regeneration des Epithels erfolgt in 2, fpäteftens in 5 Tagen, doch ift es felten vollkommen durchfichtig, — obwohl auch fchon am Ende der erften Woche vollftändig durchfichtige Hornhäute angetroffen

werden, — vielmehr ſieht man wieder eine Trübung innerhalb deſſelben auftreten, die erſt viel ſpäter vollſtändig ſchwindet, jedoch nie bis über die 4—5 Woche hinaus andauert. (Ob eine Trübung dem Epithel angehört oder der Cornealſubſtanz, zeigt ſich ſofort nach Entfernung des Epithels, ſei es von der lebenden, ſei es von der gefärbten Cornea). Eine in der ſechſten Woche und ſpäter ſichtbare Trübung iſt ſtets die Folge einer zu ſtarken, alſo miſslungenen Aetzung. Unmittelbar nach einer ſolchen erhält man eine Trübung, die gröſser iſt, als die Berührungsfläche des Aetzmittelträgers, oder eine diffuſe graublaue Verfärbung der ganzen Hornhaut. In den drauf folgenden Tagen iſt letztere nur durch gewaltſames Herabziehen der Nickhaut zur Anſchauung zu bringen; ſie erſcheint trüb, hat einen eitrigen Belag; ſpäter, zuweilen ſchon am dritten Tage iſt Perforation eingetreten; oder die Cornea bleibt heil, die Aufhellung erfolgt von der Peripherie her, während die Trübung an Umfang kleiner, an Intenſität ſtärker wird; auch Heilungen gröſserer Perforationen erfolgen auf die bekannte Weiſe, indem entweder die Iris, oder die Linſe den Subſtanzdefect verlegt. Ich habe jedoch eine groſse Anzahl von Hornhäuten unter den Händen gehabt, die bis auf einen 1,5—2 Mm. breiten Rand reducirt waren, ohne daſs irgend wo eine Adhaeſion der Iris ſtattgefunden hätte. In allen oben angeführten Fällen iſt die Cornealſubſtanz ſtark infiltrirt, wird durch Goldchlorid diffus und dunkel gefärbt, und dadurch der Unterſuchung ſehr ſchwer zugänglich. Der Regenerationsproceſs an den zerſtörten Nerven ſolcher Hornhäute wird ſtets auf einer verhältniſsmäſsig ſehr niedrigen Stufe angetroffen; daſſelbe gilt von Hornhäuten, die prall geſpannt, diffus bläulich, aber vollkommen hell durchſichtig erſcheinen, — von ihrer Durchſichtigkeit überzeugt man ſich leicht beim Einführen der Scherenbranche in die hintere Augenkammer; an Augen mit ſolchen Hornhäuten findet ſich die Iris bis auf einen 0,5 und weniger mm. breiten pigmentloſen Rand reducirt. Auch hier ſteht die Regeneratiou der Nerven gegen diejenige in gleich

altrigen Corneen derfelben Serie, an denen jedoch die Aetzung weniger ftark ausgefallen, bedeutend zurück. Es befteht alfo ein gewiffer Parallelismus zwifchen dem Verhalten der Cornealfubftanz und dem jeweiligen Stadium in dem an den Nerven zu beobachtenden Procefs. Während jedoch fowohl Intenfität als Extenfität der Affection der Cornealfubftanz von der gröfsten Bedeutung ift, hat felbft eine totale Trübung des Epithels durchaus keinen Einflufs auf den Verlauf des Proceffes.

Es ift herkömmlicher Brauch, bei der Befchreibung der an gereizten Nerven zur Beobachtung kommenden Erfcheinungen erft die der Degeneration darzulegen und dann zu den Regenerationserfcheinungen überzugehen. Colafanti[31] trennt von den Degenerationserfcheinungen noch die der traumatifchen, primären Veränderung, Tizzoni[5] fcheidet die Regenerationserfcheinungen in die der Regeneration und die der Neoformation; letztere läfst er eintreten an Stellen, wo bei Beginn der Beobachtung überhaupt keine Nerven vorhanden waren, fo z. B. wo ein Stück aus dem Verlauf des Nerven excidirt worden war. Auch ich werde mich — der Ueberfichtlichkeit wegen — an diefes alte Schema halten, obgleich ich, wie fämmtliche Autoren, die fich mit vorliegendem Thema befchäftigten, mir fehr wohl deffen bewufst bin, dafs die Vorgänge fich zeitlich nicht aus einander halten laffen, dafs fie vielmehr in einander greifen, fo dafs vielfach Regenerationserfcheinungen fchon an einem Puncte auftreten, bevor die Degenerationserfcheinungen an anderen Orten abgelaufen find.

Ich glaube an diefem Orte noch darauf aufmerkfam machen zu müffen, dafs diefe Arbeit fich wefentlich dadurch von den vorhergehenden unterfcheidet, dafs in ihr nur Veränderungen des centralen Stumpfes Berückfichtigung finden konnten; von einem peripherifchen Nervenftumpfe kann in der Cornea, wegen der im normalen Zuftande fo vollftändig ausgebildeten Anaftomofen nicht die Rede fein. Es find übrigens die Controverfen über die Vorgänge im peripherifchen Nervenftumpfe, fo wie über die Philippeaux-

Vulpianfche régénération autogénique« gegenftandslos geworden, feitdem es Ranvier gelungen, in allen Fällen von Regeneration im peripherifchen Stumpfe, felbft da, wo mit blofsem Auge kein verbindendes Mittelftück zu erkennen war, durch die Ueberosmiumfäurereaction beide Stümpfe verbindende, feine Nervenfafern nachzuweifen.

Degeneration.

Ich will es verfuchen, die degenerativen und die traumatifchen Veränderungen auseinander zu halten. Die letzteren find bei der Anwendung der Aetzmittel die directe Folge von chemifchen Einwirkungen, fo z. B. bei der gefättigten Chlorzinklöfung die Folge der Wafferentziehung, bei der 33,3 % Löfung des Kali caufticum, wie von Rumpf[28] a. nachgewiefen, eine Ueberführung des Eiweifskörpers des Axencylinders in einen für die Lymphe löslichen Zuftand.

Unterfucht man die nach der Decapitation geätzte Hornhaut eines Frofches, fo findet man, gleich viel, ob die Aetzung fofort nach der Tödtung, oder $^1/_2$—1 Stunde fpäter vorgenommen worden, folgende Veränderungen: Der Aetzbezirk erfcheint gröfser, als die Aetzftelle; ja die Wirkung des Aetzmittels hat oft nur einen geringen Rand der hinteren Hornhautlamellen intact gelaffen. Der Aetzbezirk ift von der Randzone fcharf abgegrenzt; er erfcheint im lebenden Präparat undurchfichtiger, matter, als die intacte Cornea, ebenfo im goldgefärbten, wo derfelbe aufserdem durch ein Grauviolett fich fcharf vom Rofaviolett der Randzone unterfcheidet. Die fixen Hornhautzellen find nur durch die Kerncontouren zu erkennen, oft auch nur durch die ftärkere Tingirung der den Hornhautzellen zunächft gelegenen, von deren Protoplasma erfüllten Abfchnitte der Interlamellar- und Interfascicularlücken; dabei haben die Kerne die Form fchmaler Stäbchen angenommen. Die Nerven, die in der intacten Randzone durch die oben befprochene rofarote Färbung fich fcharf von der ungefärbten Grundfubftanz abheben, haben im Aetzbezirk genau diefelbe

Färbung, wie dieſer; nur bei guter Beleuchtung und oft nur bei ſtarker Vergröſserung (Hrt. Syſt. 9.) ſind ſie von der Grundſubſtanz zu unterſcheiden. Man ſieht dann auch an ihnen die von neben einander gelagerten Nervenfaſern herrührende Längsſtreifung, doch iſt dieſe nicht ſo deutlich, wie in der Randzone, zugleich werden die einzelnen Faſern ſchmäler. Die Längsſtreifung wird, je mehr man ſich dem Centrum des Aetzbezirks nähert, um ſo ſchwächer und undeutlicher, oft iſt ſchon jetzt hier die Nervenbahn verwiſcht, und erſt nach einer Strecke erkennt man wieder die Fortſetzung desſelben Nerven, der zum entgegengeſetzten Rande des Aetzbezirks ſich begiebt, allmälig wieder deutlicher werdend. In der Mitte des Aetzbezirks ſcheinen die Nervenbahnen, wo die Contouren erhalten ſind, von einer vollſtändig homogenen Maſſe erfüllt, an der keine Spur von Streifung mehr ſichtbar iſt. Ein anderes Mal ſieht man die Contouren ſich zu einem dicht längsgeſtreiften Strang aneinander legen, der nach kurzem Verlauf wieder breiter wird, die dichte Längsſtreifung einbüſst, und wieder zwiſchen den deutlich gewordenen Contouren die granulirten Linien der von den Nervenfaſern herrührenden Längsſtreifung zeigt. Die Nervenfaſern, die in der Randzone, wie in der normalen Cornea, parallel neben einander liegen, erſcheinen hier häufig ſpiralig gewunden. Der Hauptunterſchied aber zwiſchen einem normalen und einem geätzten Cornealnerven iſt der, daſs die bei erſterem reichlich vorhandenen Kerne bei letzterem verſchwunden ſind; die Grenze zwiſchen Randzone und Aetzbezirk iſt auch die Grenze zwiſchen kernführender Nervenfaſer und kernloſer Längsſtreifung der im Aetzbezirk verlaufenden Nervenbahn. Nur äuſserſt ſelten ſieht man in der Nähe des Aetzbezirks in der Nervenbahn Contouren, die an Gröſse und Form einem Kerncontour entſprechen, aber nur eine mit der Umgebung gleiche Färbung zeigende, äuſserſt fein granulirte Maſſe umſchlieſsen. Fig. II. und IV.

Genau daſſelbe Bild erhält man an Hornhäuten, die unmittelbar nach der Aetzung getödteten Fröſchen entnommen waren;

nur ſind hier die Grenzen des Aetzbezirks nicht ſo weit zur Peripherie hin ausgedehnt, wie oben, wenn gleich noch immer weiter, als die Grenzen der Aetzſtelle.

Conſtant iſt der eigentümliche matte Farbenton des Aetzbezirks, der dunkler iſt, als die Färbung in der Grundſubſtanz der Randzone. Setzt man die Beobachtung fort, indem man Stunde um Stunde neue aus der Zahl der gleichzeitig geätzten Fröſche tödtet, ſo ſieht man nicht früher, als vier Stunden nach der Aetzung die dunkle Färbung des Aetzbezirks heller werden, indem zuerſt an der Grenze zwiſchen Aetzbezirk und normaler Hornhaut ſich die Färbung aufhellt, und zwar gleichzeitig rundherum, oder auch nur von einer Seite beginnend. 7—8 Stunden nach der Aetzung iſt meiſt der Aetzbezirk ſchon aufgehellt. Das Bild, welches die Nerven jetzt darbieten, iſt nicht weſentlich verſchieden, von dem oben beſchriebenen, es iſt höchſtens deutlicher geworden: die einzelnen Nervenfaſern der Stämmchen der Randzone laſſen ſich in den Aetzbezirk hinein verfolgen, ſie ſind hier ſtets von der Farbe der Grundſubſtanz, ſtets fehlen die in der Randzone ſo reichlich vorhandenen Kerne; während am Rande des Aetzbezirks die Längsſtreifung die Nerven ſich noch deutlich in die Nervenbahn des Aetzbezirks verfolgen läſst, wird ſie, je näher dem Centrum, um ſo undeutlicher. Die Granulirung überwiegt die Streifenzeichnung, man ſieht ſchliefslich nur eine verworrene granulirte Maſſe, bis auch dieſe ſchwindet, und man nur eine fein granulirte, faſt homogene Maſſe zwiſchen den Conturen ſieht (letzteres allerdings recht ſelten). 24 Stunden nach der Aetzung hat man noch immer daſſelbe Bild, je nachdem die Färbung gelungen iſt, mehr weniger deutlich. Zuweilen ſieht man in der Randzone, mehr als normal, Wanderzellen auftreten, früher als 14 Stunden nach der Aetzung habe ich ſie nicht in derſelben beobachtet. Nach einer zu energiſchen Aetzung, die ſich durch ſofort nach der Ausſchneidung wahrnehmbare ſtärkere Schwellung der Hornhaut auszeichnet, erſcheinen ſie in gröſserer Menge. Sie ſind jedoch hier noch

eben ſo oft in der Grundſubſtanz, wie in den Nervenbahnen zu beobachten.

Es dürfte wohl keinem Zweifel unterliegen, daſs die eben beſchriebenen Erſcheinungen an den Nerven als traumatiſche Veränderungen, als Folgeerſcheinungen des Eingriffs aufzufaſſen ſind. Bei den nun zu beſchreibenden dürften auch ſchon degenerative Vorgänge mitſpielen.

2—3 Tage nach der Aetzung ſieht man die Nervenſtämmchen der Randzone in vollſtändig normalem Zuſtande, entweder bis hart an den Aetzbezirk verlaufen, oder ganz kurz vor demſelben, noch innerhalb der ſich ausbildenden Reizungszone in den gleich zu beſchreibenden Zuſtand übergehen: die im normalen Nerven dicht aneinander gelagerten Faſern werden ſchmäler, ſcheinen aus einander zu weichen und zeigen, bald nachdem das normale Verhalten aufgehört hat, Querſpalten, welche, immer raſcher aufeinander folgend, immer kleinere, dunkel, faſt ſchwarz gefärbte Stücke von einander trennen, bis in der Mitte des Aetzbezirks die Nervenbahn durch feine in Längsreihen geordnete Körnchen angefüllt erſcheint. Schlieſslich verwirren ſich dieſe Längsreihen, und man ſieht nur eine ſtark granulirte Maſſe vor ſich.

Nach zu ſtarken, beſonders Kaliätzungen ſieht man um dieſelbe Zeit im Centrum des Aetzbezirks feine, blaſſe Linien, die bald dicht neben einander liegen, bald ſich von einander entfernen, dann wieder in Spiralen ſich um einander windend verlaufen; die faſt parallelen Contouren des Nervenkanals ſind auch durch feine blaſſe Linien angedeutet. Von Zeit zu Zeit ſieht man in ihnen Wanderzellen, bald einzeln, bald in Gruppen von 3 bis 5 dicht nebeneinander liegend; verfolgt man die Nervencanäle zur Hornhautperipherie hin, ſo ſieht man dieſelben vollgeſtopft von Wanderzellen, ſo daſs die Canäle wie Pfröpfe in den Aetzbezirk hineinragen, ebenſo ſind die Nervencanäle in der Randzone von denſelben Gebilden erfüllt, ſo daſs zwiſchen und neben ihnen keine Spur von Nervenfaſern zu entdecken iſt. Zu gleicher Zeit ſieht man auch

in der Cornealfubftanz der Randzone reichliche Wanderzellen, die jedoch die fonftige Structur des Cornealgewebes nicht verdecken; in der Reizungszone finden ſich gar keine, oder nur vereinzelt ſparliche Wanderzellen, während im Centrum oft ſchon ein Entzundungsherd in der Bildung begriffen iſt. Nicht alle Nerven eines Präparats zeigen das oben beſchriebene Bild; an einigen ſieht man in der Randzone normale Nervenfaſern zwiſchen denen nur vereinzelte Wanderzellen ſichtbar ſind. Die Faſerung erſtreckt ſich wie auch ſonſt bis hart an den Aetzbezirk. (Fig. III.)

Die Deutung obiger Vorgange durfte folgende ſein: Der Effect einer Aetzung beſchränkt ſich bekanntlich nicht auf die Applicationsſtelle, ſondern erſtreckt ſich auf ſo viel vom umliegenden Gewebe, als die Menge des angewandten, durch Diffuſion ſich ausbreitenden, Aetzmittels ausreicht, um mit dem zu ätzenden Gewebe die betreffende chemiſche Verbindung zu bilden. Ferner iſt es klar, daſs nur an der Berührungsſtelle das Aetzmittel mit ſeiner vollen zerſtorenden Kraft einwirken kann, während weiter von ihr ſchon die verdunnende, bindende oder neutraliſirende Einwirkung des Gewebes und Gewebsſaftes in Betracht kommt; es wird alſo bei jeder Aetzung Abſtufungen geben, von der vollſtandigen Zerſtörung an, bis zur einfachen Reizung. Demgemäſs findet ſich auch im vorliegenden Falle — wenn man die Kaliätzung ins Auge faſst, deren Reſultate hauptſächlich dieſen Unterſuchungen zu Grunde gelegt ſind — eine Zerſtörung des Cornealepithels, bei zu energiſcher Application ſelbſt eine Zerſtörung der vorderen Lamellen der Cornealſubſtanz mit Eröffnung des Saftluckenſyſtems, während weiter in der Umgebung der Effect der Aetzung immer ſchwacher wird, bis in der normalen Cornealſubſtanz derſelbe ſich nur als Reizung — durch die Einziehung der Fortſatze der Hornhautzellen u. ſ. w. kundgiebt. Auch an den Nervenſtammen ſehen wir, in der Applicationsſtelle zunächſt, wenn auch noch durch die machtige Epithelſchicht und den gröſsten Theil der Cornealſtamellen getrennt liegenden Abſchnitten, eine

fofortigen Schwund der längsfaferigen Structur, was ich durch Bildung eines homogenen Kalialbuminats mir erkläre.

Dafs aber auch die übrigen nicht verflüfsigten Nervenfafern eine molekuläre Veränderung eingegangen find, beweift die conftante Abweichung in der Goldfärbung derfelben von der den Nerven im normalen Cornealgewebe eigentümlichen, ebenfo der Schwund der Kerne, die mithin eine noch hinfälligere Eiweifsverbindung find, als die Axencylinder, endlich auch noch die veränderte Structur der Nervenfafer, die im Aetzbezirk viel gröber granulirt erfcheint.

Wie weit fich nun hier die chemifche Wirkung erftreckt und wo der Reizungszuftand beginnt, wage ich nicht zu entfcheiden; jedenfalls fcheint die fo oder fo veränderte Nervenfafer nach einiger Zeit (1—2 Tagen) fich fo weit zu reftauriren, dafs fie wieder die Goldfärbung annimmt, um dann dem oben befchriebenen körnigen Zerfall zu unterliegen; diefer Zerfall nun wird, wie die Unterfuchungen Rumpf's [28] zeigen, durch die die Nerven umfpülende Lymphe hervorgebracht, und zwar wird der Zerfall dort ein rafcherer fein, wo die Widerftandsfähigkeit des Gewebes am meiften gebrochen ift, alfo dort, wo das Gewebe als folches fchon vollftändig gefchmolzen, dann wo die Einwirkung des Aetzmittels eine ftärkere war, endlich an den Teilen, die am meiften vom trophifchen Centrum entfernt find, alfo zunächft der Mitte des Aetzbezirks liegen, welche letzte beide Bedingungen im vorliegenden Falle zufammenfallen. An einigen Präparaten fah ich ftatt des körnigen Zerfalls eine unregelmäfsige Querftreifung der Nervenfafern, Bilder, die fehr an die von Boll [29] befchriebene auch von Rumpf gefehene federfelenartige Zeichnung erinnerten. Auch das weitere Schickfal des Axencylinders ift fchon aus den oben befchriebenen Bildern erfichtlich: zwifchen den von verfchiedenen Seiten in den Aetzbezirk eintretenden Nerven fehen wir als Verbindungsglied oft einen fchmalen, aus blaffen, feinen, parallel oder fpiralig verlaufenden Linien zufammengefetzen Strang — es

ſind das die Nervenſcheiden, die nach Entlerung ihres Inhalts collabirt ſind; der zerfallene gelöſte Inhalt der Scheiden diffundirt alſo durch dieſelben, um dann durch die circulirende Lymphe fortgeſchwemmt zu werden. Von einer Beteiligung der Wanderzellen bei dieſem Vorgange, wie ihn T i z z o n i beſchreibt, habe ich nie etwas wahrnehmen können; nach ihm ſoll der Axencylinder ſowol durch Preſſion der Wanderzellen zerſtückelt, als auch durch Appropriation zerſtört werden, indem die mit ihrer Beute beladenen Zellen die Scheide verlaſſen, um im umgebenden Bindegewebe und den Lymphräumen aufzutreten (pag. 34.)

In den Präparaten, die der Beſchreibung des von mir geſchilderten Vorganges zu Grunde liegen, habe ich nie eine Wanderzelle, weder in den Nervenbahnen, noch in deren Umgebung gefunden. Allerdings treten ſolche auf, und zwar nach zu intenſiver Aetzung, durch welche das Saftcanalſyſtem der Cornea eröffnet worden. Durch dieſes ſcheint das nach Maſsgabe des Eindringens ſich verdünnende Aetzmittel ſich zu verbreiten, was ich daraus ſchlieſse, daſs gegen das Ende einer zu ſtarken oder zu lang dauernden Aetzung die Goldfarbe der Iris einem tiefen Schwarz Platz macht, das Kali mithin in die vordere Kammer gedrungen ſein muſs. (Berührungen der bloſs gelegten Iris mit der Aetzkalilöſung hatten genau denſelben Effect). Iſt nun das Aetzmittel in mehr weniger concentrirter Form bereits in die vordere Kammer gedrungen, ſo muſs es ſeine Einwirkung beim Paſſiren der Saftcanälchen auch auf die in denſelben enthaltenen Gebilde ausgeübt haben, alſo auch auf die Nerven, deren Canäle mit denen des Saftcanalſyſtems offen communiciren. Dadurch ſind die Nerven, wie ſchon dargelegt, in einen Zuſtand leichter Reſorptionsfähigkeit übergeführt, und in der Tat ſieht man in ſolchen Hornhäuten keine Spur von Nervenfaſern in den Canälen, an ihrer Stelle aber dicht gedrängt, Wanderzellen. Daſs dieſe von der Peripherie herſtammen, wird dadurch bewieſen, daſs der Nervencanal von der Peripherie bis ziemlich weit in den Aetzbezirk hinein dieſe

ſtarke Anfüllung zeigt, während in der Mitte des Aetzbezirks nur hie und da eine oder mehrere (3—5) Wanderzellen in den Nervencanälen ſich finden. Auch hier kann von einer deſtructiven Arbeit der Wanderzellen nicht die Rede ſein; die wenigen im Aetzbezirk befindlichen Zellen können unmöglich die gänzliche Zerſtörung der Nervenfaſern zu Wege gebracht haben, zur Annahme aber, daſs ſie nach vollbrachter Arbeit ſo ſchnell ſich fortgemacht hätten, daſs auch keine Spur mehr von ihnen in der Nähe der Nervenfaſern übrig geblieben wäre, fehlen ſämmtliche Anhaltspunkte. Viel ungezwungener erklärt ſich die Anweſenheit der Wanderzellen ſo, daſs, nachdem auf den Aetzungsreiz hin die Einwanderung begonnen, die Wanderzellen den bequemſten Weg gewählt hatten, indem ſie in die ihres Inhalts zum groſsen Teil ſchon beraubten Nervencanäle aus den anaſtomoſirenden Saftcanälen und Saftlücken ſich hinein begaben oder durch den Saftſtrom hinein geriſſen wurden, und dort ſchlieſslich ſo dicht neben einander zu liegen kamen, daſs eine Weiterbewegung nicht mehr möglich war und nur die am freien Ende der Säule befindlichen Zellen ſich frei machen und ihren Weg fortſetzen konnten. (Fig. III).

Im weiteren Verlauf der Beobachtung ſieht man nun die Querſpaltung der Axencylinder ſich fortſetzen, bis ſchlieſslich in den Nervenkanälen ein feinkörniger, in Goldchlorid ſich tief dunkel färbender Detritus übrig bleibt, der entweder gleichmäſsig in denſelben verteilt iſt, oder zu Haufen zuſammen geballt erſcheint; im letzteren Falle iſt zwiſchen dieſen Haufen der Nervenkanal ganz hell, heller als die Grundſubſtanz, nicht leer, wie ſchon Ranvier conſtatirte. Oft ſieht man um dieſe Körnchen herum, ſo wie im Verlaufe des ganzen ſichtbaren Nervenkanals, die ſchon beſchriebenen feinen blaſſen Linien, bald dichter aneinander liegend, bald mehr auseinander weichend. In einzelnen ſeltenen Fällen beobachtet man gegen Ende der erſten oder Anfang der zweiten Woche an den gereizten Faſern äuſserſt feine Fetttröpfchen, die dem Verlauf der Faſern nach in Längsreihen zu 4—8 in der

Reihe angeordnet ſind; beſonders häufig ſieht man ſie innerhalb der geätzten Kerncontouren, in denen 3—4 neben einander ſtehen. Vor Verwechſelung derſelben mit Kugelbacterien, denen ſie an Gröſse ſehr ähnlich ſehen, ſchützt der Gebrauch der Stellſchraube, da Bacterien von mir nur an den Oberflächen der Hornhaut beobachtet wurden. Sowohl Kugel- als auch Stäbchenbacterien ſind ein recht häufiger Befund bei der Unterſuchung der lebenden Cornea; bei der Abſtreifung des Epithels nach der Färbung werden auch ſie gewöhnlich entfernt, bleiben jedoch noch oft genug auf der Cornea zurück.

Wann die Degenerationsproceſſe an den Nervenfaſern ihr Ende erreichen, iſt ſchwer zu entſcheiden; an einigen beſonders an Sommerfröſchen, findet man ſchon am 12—15 Tage keine Spur des körnigen Detritus mehr, an anderen, vorzüglich an Winterfröſchen, ſind noch bedeutende Haufen von Detritus am 24. Tage nach der Aetzung zu ſehn.

Während die oben beſchriebenen Proceſſe an den Nervenfaſern des Aetzbezirks ſich abſpielen, vollzieht ſich ein ähnlicher Vorgang an den innerhalb der Randzone in der Nähe des Aetzbezirks verlaufenden Nerven, und zwar nicht nur an den in radiärer Richtung zum Centrum des Aetzbezirks hinziehenden, ſondern auch an denen, die tangential am Rande des Aetzbezirks verlaufen. Schon 24 Stunden nach der Aetzung ſieht man an einigen Stümpfen, die bis hart an den Aetzbezirk heranreichen, die noch dunkel gefärbten Enden der Faſern wie abgebröckelt, durch eine durchſichtige Linie vom Nervenſtamm getrennt. Dieſe Zerbröckelung ſchreitet fort, iſt noch recht deutlich am 3—5 Tage, von da an iſt ſie nur bei ſtarker Vergröſserung und ſehr guter Beleuchtung erkennbar, da die Vorgänge verdunkelt werden, erſtens durch die zu derſelben Zeit auftretende Spieſsbildung, dann auch noch durch die gleich zu beſprechende Kernwucherung. Noch ein Grund, weswegen es in der erſten Zeit ſchwer fällt, genauere Einſicht in die Vorgänge an den Nervenſtümpfen zu

erlangen, ist die Zusammenballung der Fasertrümmer zu einem dunkeln undurchsichtigen Haufen, der oft bis in die 3.—4. Woche liegen bleibt, ohne eine Umbildung oder Resorption zu erfahren. Erst in späterer Zeit, wenn die Spiefsbildung nicht mehr so lebhaft ist, gelingt es, sich davon zu überzeugen, dafs zwischen den im Lumen des Nervencanals befindlichen Regenerationskernen sich entweder gar keine Faserung, oder doch nur einzelne, an Gesammtmasse der Weite des Nervencanals bei weitem nicht entsprechende Fasern zeigen.

Wenn auch nicht grade häufig, so kommt es doch vor, dafs ein stärkerer, tangential verlaufender Stamm nur mit einem Teil seiner Fasern in das Bereich der Aetzung fällt; an solchen hat man das interessante Bild, dafs die in den Aetzbezirk fallenden Fasern degeneriren, während die in der Randzone verlaufenden intact bleiben, wenn auch zwischen ihnen Regenerationskerne sichtbar werden. Es setzt sich also eine eingeleitete Degeneration nicht in transversaler Richtung fort.

Sowol an den zum Aetzbezirk ziehenden Stümpfen, als auch an den zum Teil innerhalb desselben verlaufenden Stämmen läfst sich constatiren, dafs der Faserzerfall nur bis zum nächsten Knotenpuncte reicht; wird jedoch, was sehr selten ist, dieser überschritten, so hört der Zerfall jedenfalls beim darauffolgenden Knotenpunct auf. Centralwärts von diesem hat der Nerv normale Nervenfasern, wenn sie auch oft ein wenig verworren erscheinen. Dieses ist schon von Tizzoni constatirt worden. — Auch die Kerne an ihnen behalten ihre Form, Gröfse und die grobe Granulirung bei, erleiden aber in so fern eine molekuläre Veränderung, als sie um das Ende der ersten, und in der zweiten Woche nur sehr schwach, blafsrosa gefärbt werden. Wie sich die in den betroffenen Abschnitten befindlichen Kerne verhalten, ob sie — gleichzeitig, vor oder nach den Zerfall der Fasern — auch einem körnigen Zerfall unterworfen werden, oder aber ob sie persistirend, bei der Kernwucherung concurriren, ist mir nicht

möglich gewesen zu beobachten. Nur ein mal am 5. Tage sah ich im Stumpfe eines sich noch normal verhaltenden Nerven die dem Rande des Aetzbezirks zunächst gelegenen Kerne durch helle Linien der Quere nach in 3—4 Abschnitte getrennt, die wenn man sie zusammen gefügt hätte, genau die Grösse und Gestalt eines normalen Kernes ergeben hätten. — Tizzoni erwähnt im Abschnitt: «Kernwucherung und Hypertrophie des Protoplasma» einer noch nicht vor ihm beschriebenen Art von Kernwucherung, bei der der Kern sich verlängert, dann durch eine oder mehrere helle Linien, die quer durch ihn hindurchziehen, gespalten erscheint, so dass er sich in 2, 3 oder 4 Teile teilt, welche sich von einander entfernen und ebenso viele Kerne bilden. — Diesen Vorgang will er in vorgeschrittenen Stadien beobachtet haben. So ähnlich auch der von Tizzoni beschriebene Vorgang in seinem Beginne dem von mir beobachteten ist, so muss ich doch bezweifeln, dass in dem von mir beobachteten Falle die Teilung der Beginn einer Kernwucherung war, da sonst auch schon an andern Teilen des Nerven die Regenerationskerne aufgetreten wären; vielmehr möchte ich die von mir beobachtete Teilung als beginnenden Zerfall deuten. Es wäre ja immerhin möglich, dass in vorgeschrittenen Stadien die Teilung des Kerns durch helle Linien die Einleitung zu einer Kernwucherung wäre.

Ueber das Schicksal, das die feinen Nerven der Cornea bei der Degeneration erfahren, ist zu bemerken, dass sie schon 24 Stunden nach der Aetzung vollständig verschwunden sind, ohne dass es möglich gewesen wäre, structurelle Veränderungen an ihnen zu constatiren. Zwei mal sah ich drei Tage nach offenbar zu leichter Aetzung den ganzen Stromaplexus (Waldeyer[6]) vollständig erhalten, selbst die varikösen Fasern waren intact; in späteren Stadien habe ich selbst nach leichten Aetzungen nie mehr diesen Plexus beobachtet, bevor nicht die stärkeren Nervenstämme, von denen derselbe entspringt, vollständig regenerirt waren.

Was nun endlich die präſumirte Nervenſcheide betrifft, ſo bin ich gerade durch die Beobachtung des Degenerationsprozeſſes zu der Ueberzeugung von ihrer Exiſtenz gedrängt worden. Als was anderes könnten denn die beſchriebenen, feinen, blaſſen, bald parallelen, bald ſpiralig verlaufenden Linien gedeutet werden? Nachdem die Axencylinder aus der Scheide auf die eine oder die andere Weiſe verſchwunden waren, mußte die Scheide unter dem Drucke der ſie umſpülenden Lymphe collabiren, ſich falten, und ſo, ſonſt wegen ihrer Zartheit, und des mit der Umgebung gleichen Lichtbrechungsvermögens unſichtbar, zur Anſchauung kommen. Degenerative Vorgänge an ihr habe ich nicht beobachten können, wohl aber Zerſtörung, bedingt durch die chemiſche Einwirkung des Aetzmittels. In ſolchen Fällen war trotz der beſten Färbung, bei vollſtändiger Klarheit des Aetzbezirks, die Scheide nur eine gewiſſe, größere oder kleinere, Strecke weit in den Aetzbezirk zu verfolgen; dann war, auch mit ſtarken Vergrößerungen, keine Spur von ihr zu entdecken. Die feinen Linien endigten entweder alle auf einmal, oder eine nach der andern, ohne daſs eine Fortſetzung aufzufinden geweſen wäre. In der Mehrzahl der Fälle jedoch ließen ſich dieſe Linien von der einen Seite des Aetzbezirkes bis zur entgegengeſetzten verfolgen, wo ſie wieder mit einem Nervenſtumpf in Verbindung traten. Auch ſolche Fälle kamen zur Beobachtung, wo einige durch den Aetzbezirk getrennte Nervenſtämmchen durch einen ſolchen Strang verbunden waren, während an demſelben Auge die durch die blaſſen feinen Linien gebildete Fortſetzung eines anderen Nerven nach kürzerem oder längerem Verlauf im Aetzbezirke aufhörte. Hier hatte offenbar das Aetzmittel an verſchiedenen Stellen verſchiedene Wirkung ausgeübt, die eine Nervenbahn war zerſtört, die andere nur mehr weniger ſtark gereizt worden. Auffallend iſt, daſs zugleich mit der Zerſtörung der Scheide auch der Nervencanal zu veröden ſcheint, wodurch bei der nun zu beſprechenden Regeneration ſehr verſchiedene Bilder entſtehn.

Regeneration.

Bevor ich die Darſtellung der regenerativen Vorgänge beginne, muſs ich noch das Phänomen der **Kernwucherung** beſprechen, das von den meiſten Autoren zuſammen mit den degenerativen Vorgängen behandelt wird. Der Anlaſs dazu mag wol geweſen ſein, daſs die Kernwucherung faſt gleichzeitig mit der Degeneration verläuft, und mit dem Ende derſelben ihren Höhepunkt erreicht, auch wohl der, daſs einige Autoren den Kernen einen activen Antheil an der Degeneration, zumal des Axencylinders zuſchreiben. Da es mir nicht möglich geweſen iſt, die Beteiligung der Kerne in irgend einem Stadium der Degeneration nachzuweiſen, ſo beſpreche ich die Kernwucherung an dieſem Ort, zumal da es mir gelungen iſt, die Beteiligung der Regenerationskerne an der Regeneration der normalen Nervenkerne zu beobachten.

Bei Frühjahrsfröſchen ungefähr 5 Tage nach der Aetzung, bei Winterfröſchen nicht vor dem 7ten Tage ſieht man in den Bahnen der normalen Cornealnerven in der Nähe des Aetzbezirks und zwar an den dieſem zunächſt gelegenen Knotenpuncten, oder zwiſchen dieſen und der Grenze des Aetzbezirks Gebilde auftreten, die den Charakter von Kernen an ſich tragen; ſie ſind ſcharf contourirt, haben einen fein granulirten Inhalt und zeigen ein central oder excentriſch gelegenes deutliches Kernkörperchen, zuweilen auch zwei oder drei. Die normaler Weiſe in den Knotenpuncten befindlichen, dreieckig oder unregelmäſsig geformten Kerne ſind verſchwunden, an ihre Stelle ſind runde Kerne getreten, die einen Durchmeſſer von 5,6—8,2 μ haben; ihre Zahl iſt je nach dem Umfang des Knotenpunctes verſchieden, 3—6 und mehr. Neben dieſen runden ſieht man wohl auch ſchon ovale; dieſe Form findet man ausſchlieſslich vertreten in den von den Knotenpuncten ſich entfernenden Nervenbahnen und zwar zuerſt in den dem Centrum des Aetzbezirks zuſtrebenden, dann aber auch in den ſeitlich vom Knotenpunct abgehenden, den Aetzbezirk flankirenden, endlich in den von der Peripherie her zum

Knotenpunct hinziehenden Nervencanälen. Die Reihenfolge im Reichtum der verfchiedenen Fundorte an folchen Kernen ift die von mir bei der Herzählung derfelben eingehaltene. In der Mitte der zweiten Woche ift es fchwer, einen runden Kern irgendwo aufzufinden, man fieht jetzt nur noch ovale; ihre Gröfse ift nicht unbeträchtlichen Schwankungen unterworfen, ihr Längsdurchmeffer fchwankt zwifchen 11—20 μ, ihr Querdurchmeffer zwifchen 5,6—10 μ, die Durchfchnittsmafse find ungefähr 12,5 μ refp. 6,8 μ, conftant bei ihnen ift nur das Verhältnifs zwifchen Quer- und Längsdurchmeffer, das gewöhnlich 1 : 2 beträgt, jedoch nie kleiner als 1 : 2,5 wird.

Wären diefe Regenerationskerne, wie ich fie der Kürze wegen nennen will, nicht fchon durch diefes Mafsverhältnifs hinreichend von den normalen Nervenkernen unterfchieden, fo dürften die feinere Granulirung, die deutlichen Kernkörperchen, und, bei gelungener Goldfärbung, das blaffe Hellrofa derfelben, fie vor einer Verwechfelung mit den normalen Nervenkernen fchützen, bei denen wie fchon früher gefagt, das Verhältnifs von Querdurchmeffer zu Längsdurchmeffer 1 : 5 und mehr betrug, die Granulirung eine gröbere, das Kernkörperchen deswegen kaum fichtbar war, und die Goldfärbung ein gefättigt dunkles Rofarot ergab. Eine Verwechslung derfelben mit Wanderzellen dürfte wohl unmöglich fein. Wohl aber mufs ich die runden in den Knotenpuncten befchriebenen Zellen vor einer folchen Verwechslung ficher ftellen. Nach vielfachen, möglichft genauen Mefsungen beftimmte ich den Durchmeffer, der in der Cornea gefundenen Wanderzellen = 2,5—4,2 μ; (letzteren Durchmeffer an einer Zelle in einem des Nerven beraubten Nervenkanal); der Inhalt derfelben ift ftets fehr ftark und grob granulirt, die Färbung derfelben fällt genau fo wie die der normalen Nervenkerne aus. Es dürfte alfo von fämmtlichen Eigenfchaften der Wanderzelle nur die runde Form auch auf die runden Kerne paffen. Sollte hingegen behauptet werden, dafs Wanderzellen ja durch Aufnahme verfchiedener Stoffe leicht an Gröfse

zunehmen und damit auch einen anderen Inhalt zeigen können, so mufs ich einwenden, dafs selbst die Vergröfserung des Durchmeffers um das Doppelte zugegeben, bei der Art vergröfserten Wanderzellen auch die Urfache der Vergröfserung, ich meine die aufgenommenen Stoffe, fichtbar fein müffen; dieles aber ift keineswegs der Fall; die feine Granulirung, und die blaffe Färbung der runden Kerne ift eine durchaus gleichmäfsige und wird durch Nichts unterbrochen, was irgend wie einem aufgenommenen fremden Beftandteil ähnlich fehen könnte. Dafs fie fo rafch die aufgenommenen Stoffe affimilirt hätten, dürfte wol kaum behauptet werden. Entfcheidend aber ift das Moment, dafs in der Nähe der runden Kerne niemals Wanderzellen angetroffen werden; es wäre unverftändlich, warum grade drei, oder fünf oder acht Wanderzellen fich zufammen aufgemacht haben, genau bis zum Knotenpunkt gelangt fein follten, um dort, nachdem fie die behauptete Veränderung durchgemacht, ftehen zu bleiben; vielmehr fieht man überall, wo den Wanderzellen eine irgend wie erhebliche Tätigkeit zugefchrieben werden mufs, diefe in überwältigenden Mengen auftreten. Wenn nun hier die Zahl der runden Kerne ftets eine befchränkte ift, und diefe nur an ganz beftimmten Orten auftreten — nur ein mal ift es mir gelungen, einen runden Kern in geringer Entfernung vom Knotenpunkt, zwifchen diefem und dem Aetzbezirk anzutreffen, — fo wird man fich nach einer localen Urfache für ihre Provenienz umfehen müffen Als eine folche bietet fich nun die ftets befchränkte Anzahl der unregelmäfsig geformten Kerne an den Knotenpuncten dar; zudem find diefe zugleich mit dem Auftreten der runden Kerne verfchwunden. Es liegt alfo fehr nahe, dafs die Kerne des Knotenpunctes unter dem Einflufs der entzündlichen Reizung gefchwellt, die runde Form angenommen haben, unter welcher fie fich, an ihrem alten Standorte, dem Beobachter präfentiren. Erwägt man ferner, dafs die runden Kerne, abgefehen von Gröfse und Geftalt, die gröfste Uebereinftimmung mit den ovalen Kernen zeigen, dafs fie gleich-

ſam den Mittelpunkt bilden, um die ſich die ovalen Kerne gruppiren, daſs ſie nach kurzem Beſtehen verſchwinden, um Kernen ausſchlieſslich ovaler Form Platz zu machen, ſo wird der Schluſs nicht zu gewagt erſcheinen, daſs die ovalen Kerne Abkömmlinge der runden ſind, mithin von den Scheidenkernen der Knotenpunkte abſtammen. — Die Umwandlung der Scheidenkerne in runde habe ich nicht beobachten können, ebenſo iſt es mir nur ein mal gelungen, zwei mit ſtark abgeplatteten Seiten aneinanderliegende runde Kerne zu ſehn, was auf vorhergegangene Teilung ſchlieſsen lieſse; dagegen habe ich an den ovalen ſehr häufig Bilder geſehn, welche die Anbahnung eines Teilungsproceſſes darſtellten, ſie erſcheinen nierenförmig, bisquitförmig, mit einem Einſchnitt auf der Längsſeite, der nahe an den andern Randcontour hinan reichte. Ob Bilder, die ein Zuſammenklappen in der Längsaxe zeigten, auch hieher zu rechnen ſind, laſſe ich dahin geſtellt. Solche Bilder konnten überall, wo nur Regenerationskerne ſich fanden, beobachtet werden. In ſolchen zeigten ſich regelmäſsig zwei Kernkörperchen, noch häufiger jedoch wurden Kerne geſehen mit zwei, auch drei Kernkörperchen, die keine Spur von Teilung an ſich trugen.

Wie ſchon geſagt, können ſich die Regenerationskerne nach allen Seiten längs der Nervencanäle verbreiten, doch tun ſie es nur dann, wenn ihre Bildung im Knotenpuncte eine gar zu ſtürmiſche iſt. Gewöhnlich ſieht man ſie nur in den, der Mitte des Aetzbezirks zuſtrebenden, alſo des Nerveninhalts mehr weniger beraubten Canälen, und nur wenn dieſe ſchon überfüllt ſind, findet man ſie erſt in den zur Seite ſich abzweigenden, und dann in dem von der Peripherie zum Knotenpuncte verlaufenden Nervencanälen; daſselbe findet ſtatt, ſobald die Kerne in den Canälen auf ein Hinderniſs ſtoſsen. Was die Art ihrer Fortbewegung betrifft, ſo ſchlieſse ich mich der Anſchauung Ranvier's an, der ſie durch das um ſie her gebildete Protoplasma weiter geſchoben werden läſst. Dieſes Protoplasma kommt zur Anſchauung in den Nervenkanälen des Aetzbezirks, wenn die Kerne nicht gar zu

dicht aneinander gedrängt ſind, als eine ſehr feinkörnige Maſſe die ſich in Goldchloridlöſung ſehr ſchwach roſa färbte, oder es iſt gar keine Granulirung zu erkennen, und dann erſcheint ſie ungefärbt hell, heller als die Grundſubſtanz, die collabirten Scheiden prall anfüllend, wie ſchon von Ranvier feſtgeſtellt worden. Nur ſo iſt es zu erklären, wenn die durch die collabirte Scheide bedingte Zeichnung der blaſſen feinen wellenförmigen Linien zwiſchen den Kernen verſchwunden, vor dem der Mitte zunächſt liegenden Kern jedoch noch zu ſehen iſt.

Daſs die Regenerationskerne vom Knotenpunkte aus zum Aetzbezirk hin fortbewegt, und nicht etwa in groſser Maſſe in loco gebildet werden, beweiſt die Beobachtung, daſs ſie zuerſt nur in nächſter Nähe des Knotenpunktes auftreten, dann in den Nervencanälen am Rande des Aetzbezirks geſehen werden, bis ſie ſchlieſslich mit den von der entgegengeſetzten Seite her in demſelben Nervencanal entgegen ziehenden auf ungefähr halbem Wege zuſammen ſtoſsen. Hiebei ſieht man in Canälen von ſtärkerem Lumen — dort wo die Kernſäulen auf einander ſtoſsen — nur einen Kern, auch wohl 2 oder drei mit der Längsaxe in einer Linie liegende, während hinter dieſem die Kerne, zu zwei, auch drei neben einander geordnet, das Lumen füllen. (Fig. VI.)

Ueberhaupt iſt die Anordnung der Regenerationskerne, auch dort, wo ſie nur einzeln vorkommen, in den Nervencanälen eine derartige, daſs ſie mit ihrer Längsaxe parallel der Längsaxe des Canals liegen. (Fig. VIII.) Macht der Canal irgend wo eine ſcharfe Biegung, ſo macht der Kern, falls er an einer ſolchen Stelle zu liegen kommt, die Biegung mit, wobei er ein wenig in die Länge gezogen erſcheint. Solche Krümmungen des Kerns beobachtet man am häufigſten dort, wo ein kleiner Nervencanal ſich von dem gröſseren abzweigt; iſt der Kern dann durch den Protoplasmaſtrom in den Nebencanal hineingeſchwemmt, ſo erhält er ſeine normale Geſtalt wieder; wenigſtens ſehen die Kerne in den Abzweigungen genau ſo aus, wie im Hauptcanal. Dieſe

Fortbewegung der Kerne dauert, wie aus den gleich zu beſchreibenden Bildern geſchloſſen werden muſs, ſo lange fort, bis ſie auf ein Hinderniſs ſtoſsen, alſo 1) bis ſie mit den von der gegenüberliegenden Seite des Aetzbezirks entgegenſtrömenden zuſammen treffen, in dieſem Falle legen ſich die Spitzen der Säulen aneinander, das Lumen vollſtändig ausfüllend. 2) bis ſie an einen Haufen von zuſammengeballtem, den Canal verlegendem Detritus ſtoſsen, hier ſtockt der Strom, oder es gelingt einem Kerne an dem Haufen vorbei zu kommen, wo dann ein zweiter nachfolgt u. ſ. w. — was an der Anhäufung vor dem Haufen, und dem ſpärlichen Vorhandenſein dahinter kenntlich iſt; 3) bis der Canal für die Paſſage des Kernes zu eng wird, wo der zuerſt anlangende Kern lang ausgezogen, gekrümmt oder geknickt erſcheint; endlich 4) bis der Nervencanal zu Ende iſt. Ich habe ſchon bei der Beſprechung der Degeneration darauf hingewieſen, daſs es Fälle giebt, in denen die Nervenſcheide durch die Aetzung zerſtört wird; wahrſcheinlich durch denſelben Eingriff wird eine ſolche Veränderung in der Grundſubſtanz geſetzt, daſs auch der Nervencanal verödet; die Bilder ſind garnicht ſo ſelten, die ein plötzliches Aufhören der Canalcontouren zugleich mit denen der leren Scheide zeigen. Beſtätigt wird dieſe Annahme durch das Verhalten der Kerne, ſobald ſie in einen ſolchen obliterirten Canal gelangen: nachdem in ihm die Kerne, wie auch ſonſt, mehr weniger dicht hinter einander gefolgt waren, ſieht man gewöhnlich einen mit ſeiner Längsaxe ſenkrecht zur Längsaxe des Canals ſtehn, wohl auch gebogen oder geknickt, hinter ihm aber weiter in den Aetzbezirk hinein keine Spur von Contourenzeichnung, ſondern nur homogene Grundſubſtanz. Es kommt auch vor, daſs man an einer ſolchen Stelle ein wüſtes Durcheinander von Kernen und Kerntrümmern findet, und zwar in einem Umfange, deſſen Durchmeſſer den des Canals bedeutend überragt. Hier muſs man annehmen, daſs der Canal ſich an ſeinem Ende kolbenförmig, vielleicht durch Narbenſchrumpfung, ausgeweitet hat, wenn man nicht zulaſſen will, daſs die,

wie wir gefehen haben, weichen, umfangreichen Kerne fich einen Weg in die Grundfubftanz hinein zu bohren verfucht haben, was ich für unwahrfcheinlich halte.

Wo die Scheiden von den Kernen prall ausgedehnt werden, fo dafs der Nervencanal breiter als in der Randzone erfcheint, beobachtet man zu beiden Seiten deffelben feine kurze (4—9 μ) fenkrecht zu einander ftehende, fich dunkelfärbende Striche; dafs diefe Striche mit den Kernen nicht im Zufammenhang ftehen, beweift die Stellfchraube, die diefe Striche, zum grofsen Teile wenigftens, über und unter dem Nervencanal liegend zeigt. Man gewinnt den Eindruck, als wenn die übermäfsige Füllung des Nervencanals die umliegenden Interfascicularlücken auseinander gedrängt und diefe fich dann mit einer, die Goldfärbung annehmenden, Subftanz gefüllt hätten. Was für eine Subftanz diefe fein könnte, ift mir nicht klar geworden. Wanderzellen waren es jedenfalls nicht. (Fig. VI. b.)

Von den eben befprochenen Zeichnungen wohl zu unterfcheiden find im Beginne ziemlich ähnliche, die aber fowol mit der Scheide als auch mit den Kernen in unleugbarem Zufammenhang ftehen. Hier fieht man neben einem Kern aus der ihm zur Seite liegenden Scheide einen fcheinbar foliden Zapfen, fcharf contourirt, mit breiterer Bafis und fpitzigem freien Ende, in die Grundfubftanz feitlich vom Nervencanal hineinragen. In einem anderen Bilde erfcheint diefer Zapfen gröfser (breiter und länger), dichotomifch geteilt; in einem fpäteren Bilde fieht man fchon dichotomifche Teilung der Zweige deffelben, fo dafs eine hirfchgeweihähnliche Bildung vorliegt; fchliefslich erfcheinen in ihr Regenerationskerne, was auf ein Hohlwerden derfelben fchliefsen läfst. Ich ftehe nicht an, folche Zeichnungen als Bildungen von Nervenfcheiden zu deuten, und in dem ganzen Vorgange eine formative Tätigkeit der Regenerationskerne zu fehen. (Fig. IX.)

Alles bisher über die Wucherung und das fonftige Verhalten der Kerne gefagte gilt für Hornhäute, an denen die Aetzung

gelungen war. Dieſelben Kerne finden ſich auch an zu ſtark geätzten Hornhäuten, doch iſt hier ihre Zahl gemeinhin eine viel geringere, man ſieht ſie nie in ſolchen Maſſen; auch kommen ſie, wegen der gewöhnlich ſehr dunklen Färbung, erſt an geſpaltenen Hornhäuten zur Anſchauung. Dafür ſind ſolche Hornhäute von Wanderzellen*) überſchwemmt. (Fig. VII.) Iſt die Infiltration mit Wanderzellen jedoch nur eine partielle, ſo ſieht man an dem von ihnen frei gebliebenen Teile der Hornhaut die Regenerationskerne wie nach gelungener Aetzung ſich entwickeln, in die Nervenbahnen hinein gelangen u. ſ. w. Ueberhaupt ſcheint die Gegenwart der Wanderzellen die der Regenerationskerne zu beſchränken, wenn nicht auszuſchlieſsen.

Die Kernwucherung erreicht ihre Höhe mit dem Ende der dritten Woche (bei Winterfröſchen; bei Frühjahrsfröſchen iſt ſie überhaupt geringer). Später werden wahrſcheinlich keine mehr gebildet, da von der vierten Woche an keine Teilungsfiguren mehr beobachtet werden. Bei den im Verlaufe des zweiten Monats zur Unterſuchung kommenden Präparaten wird die Menge der Regenerationskerne ſtetig geringer, ohne daſs es gelänge, die Art und Weiſe des Verſchwindens nachzuweiſen. In einigen ſehr wenigen Präparaten glaubte ich Kerntrümmer zu ſehen; es war aber nicht möglich, ſich eine Anſicht darüber zu bilden, wodurch die Kerne zerfallen waren. Dagegen habe ich im zweiten Monate oft Bilder geſehen, in denen neben wol characteriſirten Regenerationskernen die ovale Form in die Spindelform überging, während die Granulirung noch dieſelbe blieb; und neben letzteren der Spindelform ſich nähernde mit gröberer Granulirung, die kaum noch von normalen Kernen zu unterſcheiden waren, was auf einen Uebergang der Regenerationskerne in die normalen hinweiſt.

Noch eines Vorganges will ich erwähnen, deſſen Beſchreibung bis jetzt, ſo viel ich weiſs, noch nicht geliefert iſt: gegen Ende

*) Ich gebrauche diese Benennung hier ohne Präjudiz.

des zweiten Monats begegnet man oft Kernen, die vollſtändig den Typus normaler haben, nur ein wenig kleiner ſind; dieſe ſind von einem hellen Hof umgeben, den ein Contour einſchlieſst, der genau die Gröſse und Form eines Regenerationskerns hat; zuweilen iſt dieſer Contour an einigen Stellen durchbrochen. Ob dieſe Bildungen zu wirklichen Scheidenkernen werden, ob an ihrer Stelle früher Regenerationskerne gelegen waren, ob überhaupt dieſe Bilder einen Uebergang der Regenerationskerne zu den normalen Scheidenkernen darſtellen, wage ich nicht zu entſcheiden. Fig. XII gibt ein ſolches Bild.

Mit der zweiten Hälfte des dritten Monats ſieht man die wenigen noch ſichtbaren Regenerationskerne höchſt ſonderbare Geſtalten annehmen. Sie werden verkrümmt, verbogen, eckig, zackig, zeigen Vacuolen. Dann verſchwinden ſie, man ſieht nur noch normale Kerne und zwar nicht mehr, als in einer normalen Cornea. Ich wende mich nun zur Beſprechung der **Regeneration** der Nervenfaſern.

Es lag im urſprünglichen Plan der Arbeit, die Nerven durch Aetzung zu zerſtören, um dann an dem heil gebliebenen Stumpfe die ſich abſpielenden Vorgänge zu beobachten. Ich glaube, im Verlaufe der vorhergehenden Beſchreibung klar gemacht zu haben, wodurch eine ſolche Betrachtung erſchwert wurde; erwägt man ferner die groſse Feinheit der einzelnen, die Cornealnerven zuſammenſetzenden Faſern, ſo wird es erklärlich erſcheinen, daſs es mir nicht gelungen iſt, die Vorgänge am Stumpfe des Nerven zu beobachten, daſs ich vielmehr mich habe damit begnügen müſſen, aus dem im klaren Aetzbezirk ſich darſtellenden Bildern Schlüſſe auf die Vorgänge im Stumpfe zu ziehen.

Schon am 5.—6. Tage, zu einer Zeit, in welcher noch von keinem der früheren Beobachter eine Regeneration geſehn worden, habe ich deutlich charakteriſirte variköſe Faſern, allerdings nur ſehr kurze, innerhalb des Aetzbezirks geſehen, die nicht im Nervencanal verliefen, ſondern ihren Weg auſserhalb deſſelben nahmen, wenn auch ungefähr dieſelbe Richtung einſchlagend. Da dieſe

Fafern ziemlich nahe der Membrana Descemeti verliefen, fo war es leicht, fie auch bei fehr intenfiver Färbung der Reizungszone centralwärts zu verfolgen: man fah fie entweder geradlinig verlaufen, oder eine bayonettförmige Knickung machen, und dann im nächftliegenden Nervenftamm, vor oder hinter dem Knotenpunkt, fich einer der im Stamme verlaufenden Fafern anlegen und mit ihr verfchmelzen, ohne dafs an diefer Stelle etwas auffallendes wahrzunehmen gewefen wäre.

Dafs die früheren Beobachter ein fo frühes Auswachfen der Primitivfibrillen nicht angeben, erklärt fich gewifs zum Teil daraus, dafs fie es mit Objecten zu tun hatten, die eine vorhergehende Zerfaferung nötig machten, bei welcher eine Primitivfibrille leicht dislocirt, wenn nicht gar abgeriffen werden konnte, zum andern Teil daraus, dafs fie ihre Aufmerkfamkeit auf das Gros der Regeneration gerichtet hatten, das erfahrungsgemäfs erft fpäter auftritt. Der früheffe bisher beobachtete Termin für den Eintritt der Regeneration ift der 12. Tag, wie Neumann[30] nach feinen Unterfuchungen an Sommerfröfchen gefunden. Auch ich habe um diefelbe Zeit in den Nervenbahnen Bilder gefehen, die mit denen der blaffen Nervenfafern des gefärbten Frofchmefenteriums durchaus identifch waren: fchmale, blafs rofa gefärbte Bänder, deren Granulirung eine, wenn auch nicht regelmäfsige, fo doch entfchieden ausgefprochene Längsftreifung zeigte. Diefe Bänder hatten meift parallele Ränder, doch kamen auch wohl Anfchwellungen in denfelben vor. Gewöhnlich hielten fie fich an eine Seite des Nervencanals, doch konnte man fie auch in der Mitte deffelben beobachten. In fpäterer Zeit fah man wohl auch an ihrem freien Ende eine feine Faser anfetzen, die den Nervencanal verliefs und dann fich in zwei oder mehrere variköfe Fafern teilte. Am deutlichften waren fie, wenn der Canal nur wenig Kerne enthielt; die Anwefenheit vieler dicht aneinander gelagerter Kerne verdeckte ihren Verlauf und oft wären fie durch diefelben vollftändig unfichtbar gemacht.

An einem Sommerfrosch sah ich 12 Tage nach der Aetzung den Nervencanal, der ein beträchtliches Stück in den Aetzbezirk hinein ragte, von vollständig normalen Nervenfasern erfüllt, die wie an einem normalen Nerven, unter einander Fäden austauschten, um endlich alle zusammen auszulaufen in eine ziemlich stark granulirte zusammenhängende Masse, aus der dann eine grosse Menge von Fasern hervorwuchs die sich nach den verschiedensten Richtungen ausbreiteten, teilweise mit einander wieder verschmolzen, wiederum auseinander strahlten und endlich in eine grosse Menge von variköfen Fäden sich teilten. (Fig. V.)

Trotz genauester Untersuchung gelang es mir nicht, in dem klaren Aetzbezirk auch nur eine Spur von Scheidencontouren oder Canalzeichnungen zu entdecken, der Nervencanal sammt den Scheiden war also im weiteren Verlauf verödet. Der in den Aetzbezirk hineinragende Stamm besass in seinem ganzen Verlauf nur einen Kern, der von normaler Grösse, Form und Granulirung war, jedoch helle Färbung zeigte; die aus dem freien Ende auswachsenden Aeste und deren Verzweigungen waren entschieden nackt. Dort wo zwei Aeste sich an einander legten, sah man das eigentümliche, schon im ersten Theil der Arbeit beschriebene Bild, dass die vorher tief dunkel gefärbten Aeste nach ihrer Verschmelzung bedeutend heller wurden und Granulirung zeigten, so dass sie leicht einen zwischen zwei Fasern liegenden Kern vortäuschen konnten, wenn nicht dieser Stelle ein wesentliches Attribut des Kernes, der scharfe Contour gefehlt hätte. (Bei späteren Stadien der Untersuchungen ist mir dann häufig dasselbe Bild begegnet, dass nämlich dunkle, schmale Fasern, nach ihrer Vereinigung zu einem breiten Bändchen, sofort eine hellere Färbung zeigten.) Ich habe mir bei Betrachtung dieses Präparates die Frage vorgelegt, ob der in den Aetzbezirk hineinragende Stamm nicht vielleicht doch als aus alten Fasern bestehend gedacht werden müsste? Der einem normalen so ähnliche Kern, die vollständige Ausbildung der Fasern in so kurzer Zeit legten die Ver-

mutung nahe, dafs hier die früheren Fafern auf irgend eine Weife vor der Aetzung gefchützt worden wären. Die Erwägung jedoch, dafs die Nerven unmöglich hätten intact bleiben können, wenn dicht neben ihnen das Aetzmittel fo ftark gewirkt, dafs fogar die Scheiden zerftört waren, führte mich zu dem Schlufs, dafs hier ein Fall von vollftändiger Regeneration vorläge.

Der eben befprochene mufs übrigens als ein Fall von ausnehmend früher Regeneration angefehn werden. Gewöhnlich erhielt ich folche Bilder erft in der dritten, bei Winterfröfchen fogar erft in der vierten Woche. So liegt mir ein Präparat vor, 26 Tage nach der Aetzung, in welchem der normale Nerv bis hart an den Aetzbezick verläuft, dort in ein homogenes, dunkel gefärbtes kurzes Stämmchen übergeht, dafs fich in drei Aeftchen teilt, von denen aus jedem wieder eine Unzahl variköfer Fäden pinfelförmig auswachfen. Diefes Präparat ift noch dadurch intereffant, dafs durch einen anderen Abfchnitt des Aetzbezirks ein Nervencanal verläuft, der eine grofse Menge von Regenerationskernen zeigt, neben denen regenerirte Nervenfafern nicht erkennbar find, dagegen find die Contouren des Nervencanals deutlich fichtbar, während derjenige Nerv, der das Auswachfen der Primitivfibrillen zeigte, im Aetzbezirk keine Fortfetzung in Geftalt von Scheidencontouren oder Canalzeichnung hatte. Fig. X.

Ich mufs mich hier vor dem Einwand fchützen, als hätte ich Spiefse für Primitivfibrillen angefehn. Schon Boettcher hat auf die Möglichkeit einer folchen Verwechslung aufmerkfam gemacht. Sowol die Spiefse, als auch die Primitivfibrillen zeigen in ihrem Verlaufe Varicofitäten, beide haben einen lang geftreckten Verlauf, beide erfcheinen im goldgefärbten Präparat dunkel, faft fchwarz, und doch unterfcheiden fie fich fehr wefentlich von einander; die Spiefse find gewöhnlich breiter als Primitivfibrillen, die Anordnung der Varicofitäten ift an ihnen eine unregelmäfsige, fowohl was die Gröfse, als auch die Entfernung derfelben von einander betrifft, während die Varicofitäten der Primitivfibrillen

mit faft mathematifcher Genauigkeit diefelbe Spindelform in denfelben Abftänden von einander wiederkehrend zeigen; die Spiefse verlaufen ftets fchnurgerade, entfprechend der anatomifchen Anordnung der Cornealfascikel, höchftens dann und wann eine bayonettförmige Ablenkung zeigend, die Primitivfibrillen, obgleich häufig genug denfelben Verlauf nachahmend, halten doch gewöhnlich eine mehr gefchwungene Richtung ein; die Spiefse verlaufen ftets parallel, kreuzen fich unter rechtem Winkel in verfchiedenen Gefichtsebenen, die Primitivfibrillen find felten parallel, mit Vorliebe pinfel- oder baumförmig auseinander ftrahlend; kreuzen fich unter allen möglichen Winkeln und zumeift in derfelben Gefichtsebene. Das Hauptkriterium jedoch für die Primitivfibrille, diefe variköfe Faler *κατ' ἐξοχήν*, ift ihr Urfprung aus einem Nervenftamm. (Fig. IX.).

Im weiteren Verlaufe der Beobachtung erhält man Bilder, in denen neben der grofsen Menge aus einem Stumpfe auswachfender, einzeln verlaufender Fafern man auch folche fieht, die dicht nebeneinander verlaufen, entweder während des ganzen Verlaufes getrennt bleibend, oder während längerer oder kürzerer Strecken miteinander verfchmelzend, um fo eine breitere Faler zu bilden. Neben diefen breiteren Fafern treten dann wieder feine auf, welche auf die fo eben befchriebene Weife zu breiteren Fafern werden. Zuweilen erhält man den Eindruck, als ob die urfprünglich pinfelförmig auseinander ftrahlenden Fafern fich mit ihren dem Centrum zugekehrten Urfprüngen an einander legen. Nicht alle Fafern der Pinfel- oder Baumfigur geftalten fich jedoch auf folche Weife zu mehr weniger ftarken Nerven, die Mehrzahl bleibt variköS; während nun die erfteren bei ihrem weiteren Längswachstum mehr eine gerade, dem entgegengefetzten Rande der Cornea zuftrebende Richtung einfchlagen, nehmen die varicös bleibenden Fafern einen mehr gefchwungenen Verlauf an. Indem die ftärkeren Nerven fich ausbilden, der Breite fowohl, als auch der Länge nach, teilen fich von ihnen feitlich Zweige ab, die

wieder Teilungen eingehen, bis aus ihnen ſchliefslich nur varicöſe Faſern hervorgehen, die mit den langen varicöſen Faſern, und auch unter ſich Anaſtomoſen eingehen. Auch an den abgezweigten Nerven wiederholt ſich derſelbe Proceſs des Wachstums. Zu Anfang des dritten Monats endlich ſieht man die vielfach ſich verzweigenden, regenerirten Cornealnerven, die ſich nur dadurch von einem normalen unterſcheiden, daſs ihre Aeſte und Zweige nur unter einander anaſtomoſiren, nicht aber mit den Verzweigungen eines anderen, mittlerweile ſich ebenſo regenerirt habenden Nerven. Wir haben alſo, ſtatt des urſprünglichen, zierlichen Nervennetzes mehrere (2—3) baumförmige, vollſtändig von einander getrennte, in verſchiedenen Geſichtsebenen liegende Figuren. Bemerkenswert iſt hierbei die überwiegende Entwickelung eines Nerven im Verhältniſs zu den andern, welche nicht dieſelbe Gröſse erreichen. Gegen die Mitte des dritten Monats ſieht man Zweige ſolcher Figuren unter einander anaſtomoſiren. Zu Ende des dritten Monats ſind die Anaſtomoſen vollſtändig ausgebildet, und eine ſolche Cornea unterſcheidet ſich von einer normalen — abgeſehn von der noch immer geringeren Zahl der Hornhautzellen in der Gegend des Aetzbezirks — nur dadurch, daſs die interfibrilläre Kittſubſtanz der Nerven an den neugebildeten Faſern zu fehlen ſcheint; denn auch die Kerne ſind in normaler Anzahl und Geſtalt vorhanden, und zwar ſind dieſelben ſchon in der Mitte des zweiten Monats aufgetreten, zuerſt central, dann immer weiter peripheriſch erſcheinend. Die Kerne und die dazu gehörigen Scheiden müſſen ſich hier in loco gebildet haben, denn während des ganzen Proceſſes iſt nie ein Regenerationskern, aus dem ſie ſich entwickelt haben könnten, in der Nähe der ſich regenerirenden Nerven geſehn worden; ebenſo wenig Wanderzellen.

Der Regenerationsproceſs an Nerven, deren Scheide und Nervencanal im Aetzbezirk ſich erhalten hat, unterſcheidet ſich von dem ſoeben beſchriebenen dadurch, daſs in den von den Regenerationskernen gleichſam, wie von einem Endothele ausge- B.

kleideten Nervencanälen sich von Anfang an breitere Nervenfasern hinein begeben und zwar ebenfalls einzeln, so dass zuerst nur ein schmales Bändchen, innerhalb des Nervencanals sichtbar wird, dann ein zweites und so fort, bis der Canal ausgefüllt ist. Die ersten solcher Fasern sieht man bei Sommerfröschen am Ende der zweiten Woche, bei Winterfröschen in der vierten. Eigentümlich ist, dass feine lineare oder gar varicöse Fasern äusserst selten in den Nervencanälen beobachtet werden, man sieht solche vielmehr ausserhalb der Nervencanäle, von deren Seiten sie unter einem zur Mitte der Hornhaut offenen Winkel in die Grundsubstanz treten. — Waren die Seitencanäle erhalten, so sieht man auch diese breitere Nervenfasern aufnehmen, ebenso die neugebildeten Scheiden; die feinsten Verzweigungen werden auch hier durch Auswachsen der Axencylinder gebildet. Ein weiterer Unterschied besteht in der Bildung der Kerne aus den Regenerationskernen, wovon schon oben gesprochen ist.

Hornhäute mit verödeten Nervencanälen und den darauf folgenden Regenerationsprocess beobachtete ich in überwiegender Anzahl an Sommerfröschen, dagegen waren bei Winterfröschen die Nervencanäle gewöhnlich erhalten. Ich erkläre mir dieses aus der grösseren Torpidität der Winterfrösche, bei welcher auch ein stärkerer Reiz nicht diejenige Reaction hervorruft, welche bei einem lebenskräftigeren Individuum schon ein schwächerer Reiz ausübt. Aus demselben Grunde wohl fand ich bei Sommerfröschen
C. die Hornhaut viel häufiger perforirt. An solchen Hornhäuten, die meist von Wanderzellen überschwemmt waren, sah ich die Nervencanäle fast immer bis an den Geschwürsrand heran reichen, konnte mir aber über deren Inhalt nur selten Gewissheit verschaffen. Nach Spaltung der Hornhaut stellten sie sich als mit dunklen grobkörnigen Massen angefüllt dar, oder sie schienen in grossen Mengen Wanderzellen zu enthalten; am Cornealrande war dagegen häufig noch normale Faserung mit normalen Kernen.

Ein fast constanter Befund an perforirten Hornhäuten während des zweiten und dritten Monats waren variköse Fasern, die

die bis an den Geſchwürsrand heranreichten, nach rückwärts aber ſich nicht immer bis zum Nerven verfolgen ließen, ſondern ſelbſt in bedeutender Entfernung von ihm, zumal wenn er von Wanderzellen überſchwemmt war, am Cornealrand auftauchten. Wahrſcheinlich ſtammten ſie aus den Scleralnerven. War dagegen die Anzahl der Wanderzellen keine übermäſsige, ſo ſah man dieſelben Bilder, wie ſie oben beſchrieben; auch hier waren conſtant am Geſchwürsrande endende, variköſe Faſern zu finden

In Nervencanälen recht klarer Aetzbezirke, beſonders den ſchmäleren, ſieht man oft 2—3 Regenerationskerne, mit ihren Längsaxen in derſelben Linie, in einiger Entfernung von einander von einem feinkörnigen, ſich blaſsroſa färbenden Protoplasma umgeben; der Enge des Canals entſprechend iſt das Protoplasma an den Längsſeiten weniger reichlich, als an den Spitzen, wo es ſich nach beiden Seiten hin fein auszieht, bis es mit dem Protoplasma des nächſtgelegenen Kernes zuſammenſtöſst. Wol ſolche Bilder ſind es geweſen, die viele Autoren bewogen haben, die Entſtehung der neuen Faſern durch Verſchmelzung von Zellen zu erklären. Tritt nun noch zu einem Ende einer ſolchen Kernreihe eine variköſe Faſer, wie es allerdings nicht ſelten geſehen wird, ſo liegt die weitere Deutung nahe, daſs dieſe eine aus der neugebildeten Faſer auswachſende Primitivfibrille ſei. Nun iſt es mir aber ſtets gelungen, ſolche Fibrillen zu einem unzweifelhaften, wohl charakteriſirten Nervenſtamm zurück zu leiten. Andererſeits habe ich ſolche Kernreihen eben ſo oft im Zuſammenhange mit zweifelloſen Nervenfaſern, als zweifellos ſie recht weit entfernt von ſolchen geſehen. Falls im letzten Falle ſich wirklich eine Faſer aus dieſer durch das Protoplasma zuſammenhängenden Kernreihe bilden ſollte, ſo wäre ſie doch kaum als Axencylinder aufzufaſſen, denn es wäre nicht recht erfindlich, wie die Bildung eines ſolchen zu Stande kommen könnte, da, wie Rumpf gezeigt hat, dieſer vom Centrum getrennt, unrettbar der Reſorption durch die Lymphe verfällt, derſelbe alſo auch gleich im Entſtehen gelöſt werden

müfste. Ift die Reihe jedoch im Zufammenhang mit einem Nerven, fo hätte der Vorgang eben weiter nichts zu bedeuten, als dafs der auswachfende Axencylinder in dem die ovalen Kerne umgebenden Protoplasma fein Bildungsmaterial vorfindet. Es wäre alfo in diefem Falle nur eine Modification des fonft für die Regeneration der Nervenfafer beobachteten Vorganges, nämlich der Regeneration durch Auswachfen des Axencylinders. Wir hätten es hier alfo mit einer Wiederholung des entwickelungsgefchichtlichen Vorganges zu tun, der nach Kölliker[32] darin befteht, dafs die peripherifchen Nerven aus den Centralorganen hervor fproffen, nicht aber in loco aus peripheren Zellen gebildet werden.

Die Ergebniffe diefer Arbeit faffe ich in folgenden Sätzen zufammen.

1. Die Degeneration der marklofen Nervenfafern erfolgt auf eine entzündliche Reizung hin, und befteht in körnigem, feltener fettigem Zerfall des Axencylinders und der Scheidenkerne.

2. Die Degeneration bleibt ftets bei einem Knotenpunct ftehn, gewöhnlich dem der Reizungftelle zunächft, centralwärts von ihr, gelegenen; fie fchreitet in longitudinaler, nie in transverfaler Richtung fort.

3. Degeneration und Regeneration find zeitlich nicht aus einander zu halten, verlaufen vielmehr neben einander; was jedoch fo aufzufaffen ift, dafs die Regeneration fchon beginnt, bevor die Producte der Degeneration (durch Löfung, Reforption etc.) gefchwunden find.

4. Die Kernwucherung ift ein Product der entzündlichen Reizung; fie geht von den, im intact gebliebenen Knotenpunct gelegenen, Scheidenkernen aus.

5. Die Vermehrung der Kerne findet wahrfcheinlich durch Teilung ftatt.

6. Die neugebildeten Kerne liefern eine (endotheliale) Auskleidung der alten Scheiden, geben den Anftofs zur Bildung neuer

Scheiden und werden ſchliefslich zu normalen Scheidenkernen. Der Ueberſchufs an Regenerationskernen geht zu Grunde; wie, iſt nicht nachgewieſen.

7. Kernwucherung und Regeneration der Axencylinder ſtehn in keinem Zuſammenhang; beide Proceſſe verlaufen vollſtändig unabhängig von einander.

Zu den im Eingange des letzten Abſchnittes angeführten Citaten aus den Arbeiten von Stricker, Thanhoffer und Tizzoni habe ich noch einige Bemerkungen hinzuzufügen.

Den von Stricker betonten Parallelismus zwiſchen den Teilungsformen des Axencylinders und der Hornhautkörper konnte ich nicht finden. Allerdings ſah ich einige Male Bilder am Axencylinder, die der von Stricker gegebenen Abbildung durchaus glichen, doch war zugleich eine Teilung der Hornhautzellen nicht nachzuweiſen. Solche Bilder erhielt ich in Corneen gleich oder 3—4 Tage nach der Aetzung getödteter Fröſche und habe ſie in meiner Arbeit mit der von Boll beſchriebenen federſelenartigen Zeichnung verglichen, ſomit als Zerſetzungsbild des Axencylinders aufgefaſst.

Thanhoffer läſst die Nerven während der Entzündung durch Anhäufung von Wanderzellen und Kernwucherung verworren werden, und ſtellt dann eine Regeneration aus eigentümlichen, langgeſtreckten Zellen als wahrſcheinlich auf. Dafs die Anhäufung von Wanderzellen kein notwendig eintretendes Ereigniſs iſt, glaube ich nachgewieſen zu haben. Ob er unter den eigentümlichen langegeſtreckten Zellen die von Protoplasma umgebenden Regenerationskerne verſteht, iſt nicht klar. Andere, als dieſe habe ich nie beobachtet und was ich von ihrer Beteiligung bei der Regeneration halte, ſchon oben aus einander geſetzt.

Ich mufs Tizzoni widerſprechen wenn er behauptet, die Unterſuchung der Cornea im Humor aqueus gebe genauere Bilder.

Die Goldfärbung, wenn ſie gelungen, ergiebt Bilder, die an Deutlichkeit nichts zu wünſchen übrig laſſen, und wenn die Goldfärbung nicht gelang, ſo waren die Bilder in der lebenden Cornea — davon habe ich mich überzeugt — in der groſsen Mehrzahl der Fälle auch nicht zu entziffern geweſen. Die von ihm beſchriebene Regeneration aus Ueberreſten des degenerirten Axencylinders habe ich nie beobachtet. In allem Uebrigen ſchlieſse ich mich den Ausführungen Tizzonis, ſo weit ſie nicht ſchon früher berührt waren, rückhaltslos an; beſonders freut es mich, daſs auch von ihm die Regeneration durch Auswachſen des Axencylinders conſtatirt werden konnte.

1. Waller. *a.* Nouvelle méthode pour l'étude du système nerveux etc. Comptes rendus 1851. T. 33.
b. Nouvelles obfervations sur la régénération des nerfs. ibid. 1852. T. 34.
c. Examen des alterations qui ont lieu — par suite de la section des nerfs, ibid. 1853. T. 35.
d. Sur la réproduction des nerfs etc. Muellers Arch. 1852.
2. M. Schultze. *a.* Unterfuchungen über den Bau der Nafenfchleimhaut. Abhandl. d. nat. Gefellfch. zu Halle. 1862.
b. Observationes de structura gangliorum fibrarumque nervearum. Bonn 1868.
c. Allgemeines über die Structurelemente des Nervenfyftems. Strickers Handbuch 1871.
3. Waldeyer. Unterfuchungen über den Urfprung und den Verlauf des Axencylinders. Ztfchrift. für rat. Med. 1863. Band 20.
4. Ranvier. *a* Contributions à l'histologie et à la physiologie des nerfs périphériques. Comptes rendus 1871. T. 73.
b. Recherches sur l'histologie et la physiologie des nerfs. Archives de physiologie normale et pathologique. T. IV. Mars 1872.
c. Leçons sur l'histologie du système nerveux. Paris 1878.
5. Tizzoni. Sulla patologia del tessuto nervoso. Archivio par le scienze mediche. 1878. vol. III.
Zur Pathologie des Nervengewebes. Vorläufige Mittheilung. Med. Centralblatt. 1878.
6. Waldeyer. Mikrofkopifche Anatomie der Cornea etc. Handb. d. gef. Augenheilkunde von Graefe und Sämifch Bd. I. 1874.
7. His. Beiträge zur normalen und pathologifchen Hiftologie der Hornhaut. Bafel 1856.

8. Leber. Ueber die Lymphwege der Hornhaut. Klin. Monatsblätter für Augenheilkunde. 1866. citirt nach Waldeyer (Nr. 6).

9. Beale. On the Anatomy of Nerve-fibres and cells, and the ultimate distribution of nerve-fibres. Ref. von Ciaccio in Quarterly Journal of Microsc. Sciences 1863. vol. III.

10. Ciaccio. On the nerfs of the Cornea etc. Quarterly Journal of Micr. Sciences. 1863. vol. XI.

11. Hoyer. Ueber die Nerven der Hornhaut. M. Schultze's Archiv 1873. Bd. 9.

12. Langhans. Das Gewebe der Hornhaut im normalen und pathologiſchen Zuſtande. Ztſchrft f rat. Med. 1861. Bd. XII.

13. Lawdowski. Das Saugaderſyſtem und die Nerven der Cornea. M. Schultze's Archiv 1872 Bd. VIII.

14. Thanhoffer. Beiträge zur Phyſiologie und Hiſtologie des Auges. Virchow's Archiv 1875 Bd. 63.

15. Kuehne. Unterſuchung über das Protoplasma und die Contractilität. Leipzig 1864.

16. Henle. Handbuch der ſyſtematiſchen Anatomie des Menſchen 1866 Bd. 2.

17. Cohnheim. Ueber die Endigungen der ſenſiblen Nerven in der Hornhaut. Virchow's Archiv 1866. Bd. 38.

18. Kölliker. Handbuch der Gewebelehre des Menſchen. 5. Auflage 1867.

19. Schweigger-Seidel. Ueber die Grundſubſtanz und die Zellen der Hornhaut des Auges. Arbeiten aus d. phys. Anſt. zu Leipzig. 1869. 4. Jahrgang.

20. Rollet. Ueber die Hornhaut. Strickers Handbuch 1872.

21. Klein. On the peripherical distribution of non medullated nerve-fibres. Quart. journ. of. micr. sc. 1871 XI. Oct. 1872. Jan.

22. Key und Retzius. Studien in der Anatomie des Nervenſyſtems. 2. Hälfte, Stockholm 1876.

23. Ewald und Kuehne. Ueber einen neuen Beſtandtheil des Nervenſyſtems. Verhandlungen des naturhiſtoriſch-mediciniſchen Vereins zu Heidelberg. Neue Folge. Bd. 1. 1875.

24. Reifsner. Neurologiſche Studien. Arch. für Anatomie, Phyſiologie etc. 1862.

25. Boettcher. Experimentelle Unterſuchungen über die Entſtehung der Eiterkörperchen bei der traumatiſchen Keratitis. Virch. Arch. Bd. 58. 1873.

26. Güterbock P. Studien über die feineren Vorgänge bei der Wundheilung per primam intentionem an der Cornea. Virch. Arch. Bd. 50. 1870.

27. Moseley. Some Remarks on the Nerves of the Cornea of the Rabbit and Frog. Quart. Journ. of Microsc. Sciences. 1871. T. XI.

28. Rumpf. *a.* Zur Hiſtologie der Nervenfaſer und des Axencylinders. Unterſuchung aus dem phyſiologiſchen Inſtitut der Univerſität Heidelberg Bd. II. Heft 2. 1878.

b. Zur Degeneration durchſchnittener Nerven. ibidem Bd. II. Heft 3. 1878.

29. Boll. Ueber Zerſetzungsbilder der markhaltigen Nervenfaſern. Archiv für Anatomie und Phyſiologie Anat. Abt. 1877.

30. Neumann. Ueber Degeneration und Regeneration zerquetſchter Nerven. M. Schulze's Archiv Bd. 18. 1880.

31. Colofanti. Ueber die Degeneration durchſchnittener Nerven. Archiv für Anat. und Phyſiol. Phyſiologiſche Abt. 1878.

32. Kölliker. Entwicklungsgeſchichte des Menſchen und der höheren Wirbelthiere. 2. Aufl. 1879.

Verzeichniss der Abbildungen.

Fig. I. Stück eines normalen Cornealnerven. (pag. 4).

Fig. II. Präparat vom 28. März, 2 Tage nach der Aetzung (Kali 60"). Körniger Zerfall der Nervenfasern und Scheidenkerne innerhalb des Aetzbezirks. a. Grenze zwischen Aetzbezirk und normaler Hornhaut. (pag. 43).

Fig. III. Präp. v. 1. Juli, 2 Tage n. d. Aetzung (Kali 45"). Wanderzellen, einen der Nervenfasern beraubten Nervencanal dichtgedrängt erfüllend. a. wie oben. b. einzelne Wanderzellen, der Mitte des Aetzbezirks näher liegend. (pag. 46).

Fig. IV. Präparat v. 8. Novbr., 3 Tage n. d. Aetzung (Chlorzink 30"). Körniger Zerfall. a. wie oben. (pag. 43).

Fig. V. Präparat vom 11. Juni, 12 Tage nach der Aetzung (Kali 45"). Regenerirter Nervenstamm innerhalb des im Aetzbezirk erhaltenen Nervencanals. a. wie oben. b. Ende des Nervencanals. c. normaler Kern, blasse Zwischen b. und c. nur einzelne Fasern in einer körnigen Masse, aus welcher 6 stärkere Fortsätze auswachsen, die nach kurzem Verlaufe in varikösen Fasern endigen. Letztere sind nicht ausgeführt, nur bei d. angedeutet. (pag. 64).

Fig. VI. Präp. v. 9. April. 14 Tage n. d. Aetzung (Kali 60"). Nervencanal im Aetzbezirk, von reihenweise angeordneten Regenerationskernen angefüllt, in der Mitte die Kerne in einer Reihe, nur bei b. sind die senkrecht auf einander stehenden kurzen Linien ausgeführt, die den Canal mit Ausnahme des Mittelstückes von allen Seiten umgeben. (pag. 58, 60).

Fig. VII. Präp. v. 11. April. 16 Tage n. d. Aetzung (Kali 60"). Nervencanal im Aetzbezirk, Wanderzellen enthaltend,

die ſich in reichlicher Menge auch in der Grundſubſtanz finden. (pag. 61).

Fig. VIII. Präp. v. 15. Juni, 16 Tage n. d. Aetzung (Kali 45"). Nervencanal im Aetzbezirk, Regenerationskerne und körniges Protoplasma enthaltend. Keine Faſerung, x Kernteilungsfigur. (pag. 58).

Fig. IX. Präp. v. 23. März, 23 Tage n. d. Aetzung (Kali 60"). Bild aus dem Aetzbezirk, variköſe Faſern nnd Spieſse neben einander zeigend, letztere in verſchiedenen Ebenen gelagert (pag. 66).

Fig. X. Präp. v. 15. Febr., 25 Tage n. d. Aetzung (Kali 45"). Freihandzeichnung. Heller Aetzbezirk innerhalb der dunkleren Reizungszone. N, N von der Cornealperipherie her zur Grenze des Aetzbezirks ziehende Nervenſtämmchen, von denen die oberen das Auswachſen der Primitivfibrillen zeigen. K. Knotenpunkt des alten Nerven, von da an keine Spur eines Nervencanals. Der unten eintretende Nerv zeigt keine Faſern, ſondern nur innerhalb des wohl characteriſirten, erhaltenen Canals Regenerationskerne (pag. 65).

Fig. XI. Präp. v. 4. April, 35 Tage n. d. Aetzung (Kali 50"). Bild aus dem Aetzbezirk, Regeneration innerhalb eines erhaltenen Nervencanals, a. wie oben, von a. bis b. regenerirte Nervenfaſern neben Regenerationskernen, von b. bis e. nur letztere, d. e. zapfenförm. Auswüchſe (pg. 60).

Fig. XII. Präparat vom 4. Juli, 71 Tage nach der Aetzung (Chlorzink 45"). Stück eines regenerirten Nerven nebſt Kernen. (pag. 62).

Sämmtliche Abbildungen, mit Ausnahme der Fig. X, die Freihandzeichnung iſt, ſind mit Hülfe der Camera lucida, Hrtn. Syst. 7. eingeſchobener Tubus, angefertigt worden.

THESEN.

1. Es gibt keinen principiellen Unterſchied zwiſchen den periphe-riſchen vegetativen und ſympathiſchen Nerven.

2. Für die Reverdin'ſche Dermatoplaſtik iſt eine ad hoc aus-geführte Exciſion aus der Haut des Patienten zu verwerfen.

3. Die einzig rationelle Impfmethode für die Landpraxis iſt die Laïſchewſche. (Лашшевскій способъ оспопрививанія.)

4. Die von den Aerzten bei der Einberufung vorſchriftsmäſsig geführten Liſten enthalten ein der Ausbeutung harrendes, für die Statiſtik der Landeshygieine unſchätzbares Material.

5. Die temporären Kriegshoſpitäler ſind durch Lazarete zu erſetzen.

6. Die topographiſch-anatomiſchen Bezeichnungen »medial«, »lateral«, »vorn«, »hinten« ſind bei der Beſchreibung des Armes als ſinnverwirrend zu verwerfen.

Fig. I.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.

1414
81